

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана  
Пулюя

---

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних технологій

---

(назва факультету )

Кафедра приладів та контрольно-вимірювальних систем

---

(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до дипломного проекту (роботи)

магістра

---

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Інформаційна система приладу для вимірювання товщини плівок  
з низькомодульних матеріалів

---

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РІм-61  
спеціальності (напряму підготовки) 152

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Цвіркун Н. В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Дубиняк Т. С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Апостол Ю. О  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Дедів Л. Є.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

## ЗМІСТ

### ВСТУП

## 1 ДОСЛІДНИЦЬКО - КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис засобів вимірювання

#### 1.1.1 Аналіз об'єкту вимірювання

#### 1.1.2 Розгляд додаткового матеріалу

### 1.2 Вибір та аналіз варіантів вирішення поставленої задачі

#### 1.2.1 Встановлення критеріїв порівняння

#### 1.2.2 Вибір і обґрунтування найбільш раціонального варіанту

### 1.3 Опис конструкції та принципу роботи приладу

### 1.4 Конічно - гвинтовий механізм

#### 1.4.1 Вибір двигуна конічно - гвинтового механізму

#### 1.4.2 Розрахунок передаточного відношення

#### 1.4.3 Розрахунок геометричних параметрів конічної передачі

### 1.5 Розрахунок механізму для обертання столика

## 2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ

### 2.1 Розрахунок та аналіз моделі крокового двигуна

### 2.2 Інтерпретація роботи електричного приводу біполярного крокового двигуна з використанням програми Matlab

### 2.3 Півкроковий режим крокового двигуна

## 3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР

### 3.1 Розробка блоку керування

#### 3.1.1 Опис структурної схеми та її роботи

3.2 Вибір драйвера керування двигунами, та опис його роботи

3.3 Вибір мікропроцесора

3.4 Вибір блоку індикації

3.5 Вибір кнопкових перемикачів

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6 ЕКОЛОГІЯ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

## ВСТУП

Автоматизація процесу виробництва і контролю має важливе значення. Особливо це важливо при вимірюванні розмірів і інших параметрів виробів для виключення суб'єктивної похибки вимірювання, яка залежить від оператора, що проводить це вимірювання. Тому перед конструкторами приладів постає вимога конструювати прилади, які контролюють певні параметри в автоматичному режимі. Важливим також є використання нових і неосвоєних ще методів контролю.

На даний дипломний проект було видане авторське свідоцтво 1601503 в якому було описано новий метод вимірювання товщини виробів з низькомодульних матеріалів. Проаналізувавши існуючі методи вимірювання я прийшов до висновку що даний метод є перспективним і може використовуватись у виробництві для вимірювання і контролю.

Пристрій, розроблений в даному курсовому проекті, використовує цей метод вимірювання для визначення і контролю товщини низько модульних матеріалів. Даний прилад був також автоматизований

# 1 КОНСТРУКТОРСЬКО - РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз розглядуваного питання і патентний пошук

### 1.1.1 Аналіз об'єкту вимірювання

Із авторського свідоцтва SU 1601503 (додаток А) по якому розроблений даний курсовий проект, можна виділити такі тези. Перш за все винахід відноситься до вимірювальної техніки. Мета винаходу - розширити номенклатуру вимірювальних матеріалів. Даний метод дозволяє вимірювати товщину низько модульних матеріалів. На рисунку 1.1 представлена схема пристрою реалізації цього способу

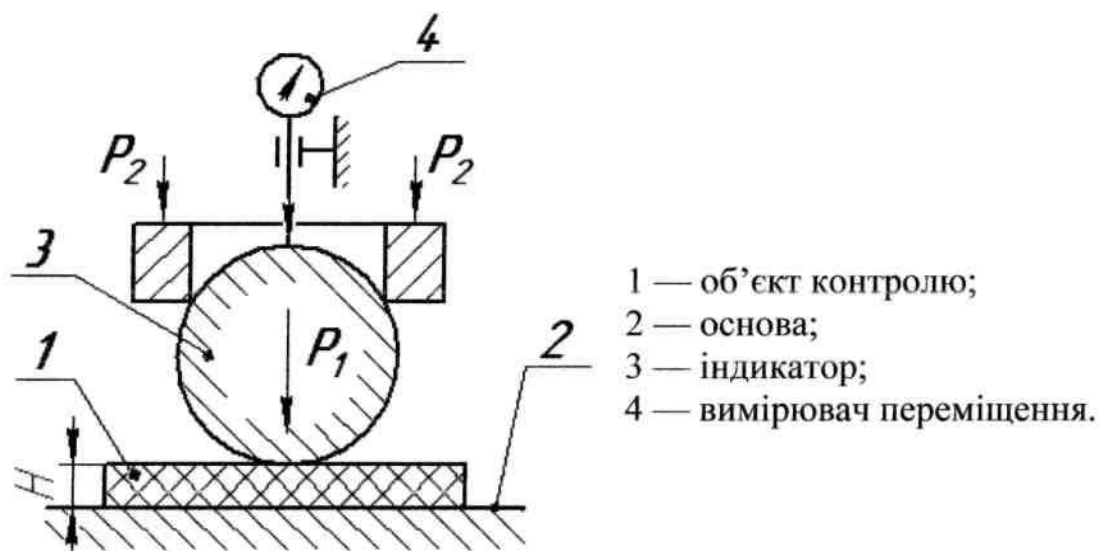


Рисунок 1.1 - Схема вимірювання товщини деталей з низькомодульних матеріалів

Підвищення точності здійснюється при дії на виріб 1, сферичного індикатора 3, що досягається додатковою дією на індикатор 3 другої заданої сили, яка є більшою за першу, і вимірюванням переміщення індикатора 3, а при визначенні товщини виробу 1 - включенням потужної деформації виробу 1 від дії першої сили. Товщину виробу 1, визначають по формулі:

$$H = H_1 - H_{12}[(P_2/P_1)^{2/3} - 1]^{-1},$$

де  $H$  - товщина виробу;

$H_1$  - відстань від індикатора 3 до основи 2 при дії сили  $P_1$

$H_2$  - переміщення індикатора 3 при збільшенні сили від  $P_1$  до  $P_2$ .

Цей метод дозволяє підвищити точність вимірювання полімерних матеріалів типу плівок, так як пружна деформація під дією сферичного індикатора може складати 20 - 50% вимірювальної товщини. Він також може використовуватись і в інших випадках при вимірюванні розмірів легко деформуючих тіл.

## 1.1.2 Розгляд додаткового матеріалу

В авторському свідоцтві виданому мені для дипломного проектування описано спосіб вимірювання товщини виробів з низькомодульних матеріалів. Цей метод на практиці не реалізований і залишився тільки в авторському свідоцтві.

Метод за допомогою прикладання двох навантажень розроблений для підвищення точності вимірювання. Тому даний метод є перспективніший від інших методів з прикладанням одного навантаження. Крім того він легко піддається автоматизації.

Є кілька аналогічних приладів, які б могли проводити вимірювання і контроль товщини низько модульних матеріалів.

Контактний товщиномір рухомого матеріалу по авторському свідоцтві: №1578453 (додаток Б), який відрізняється тим, що з ціллю підвищення точності і довговічності, він забезпечений стойкою виготовленою у вигляді плити, розміщеної на основі з можливістю повороту відносно осі, паралельної осі щупів, встановлених на плиті напрямних, встановлених на останніх з можливістю поступального руху і фіксації другою плитою, шарнірно з'єднаної з корпусом, і пружин розміщених на напрямних між плитами.

Другим аналогом є прилад для визначення товщини полімерної плівки. Цей прилад відрізняється тим, що з ціллю підвищення точності вимірювання, плаваюча площадка вільно підвішена до штоку індикатора і має конічний наконечник, вістря якого направлено вгору і впирається в лунку агатового каменя, закріпленого на штоці індикатора. Ціллю авторського свідоцтва №363855 (додаток В) є підвищення точності до 1 мкм.

Ще одним з аналогів є «Прилад для вимірювання товщини легкодеформуючих виробів» авторське свідоцтво 1682751 (додаток Г). Цей прилад відрізняється тим, що з ціллю розширення номенклатури матеріалів контрольованих виробів, індикатор і циліндрична частина виконані роздільно

і встановленні з можливістю відносного переміщення і фіксації, прилад має пружину стиску, яка спирається в індикатор і фланець вимірювального наконечника.

## 1.2 Вибір та аналіз варіантів вирішення поставленої задачі

### 1.2.1 Встановлення критеріїв порівняння

Основними критеріями порівняння є точність вимірювання товщини низькомодульних матеріалів. Точність повинна бути високою. Тому що, наприклад, помилка в 5 мкм при вимірюванні плівки товщиною 50 мкм може призвести до перерозходу матеріалу і помилці 10 % при визначенні характеристик плів очних матеріалів. Гранична похибка вимірювання повинна становити - 1,5 мкм.

Важливим також є можливість автоматизації процесу вимірювання. Крім того критерієм порівняння є одержання сигналу у формі, яка необхідна для подальшої обробки і оцінки результату. Не останнє місце займає продуктивність контрольованого процесу, також вартість обладнання та економічність використаного методу.

### 1.2.2 Вибір і обґрунтування найбільш раціонального варіанту

Використовуючи інформацію з авторського свідоцтва можна зробити висновок, що описаний в ньому метод задовольняє необхідну точність при правильному виборі точності відлікових пристроїв і легко піддається автоматизації. Тому вигідно би було розробити конструкцію приладу в якому б реалізувався цей метод. В порівнянні з аналогами цей метод є найраціональнішим по критеріях точності, продуктивності.



### 1.3 Опис конструкції та принципу роботи приладу

Сконструйований мною прилад для вимірювання та контролю товщини низькомодульних деталей (рисунок 1.2) складається із станини 1, до якої кріпиться стійка 2. Зрівноважувальний механізм 3 зрівноважує шток 4. На кінці штока закріплений сферичний індентор 5. Навантажувальні ваги 6.1 та 6.2 здійснюють почергове навантаження штока за допомогою спеціальних пальців 7, які кріпляться до важеля 8, що піднімається і опускається за допомогою ексцентрикового механізму. Він складається з крокового електродвигуна (ДВШ 50-0,04-0,5) 9, циліндричної передачі 10, ексцентрика 11, який і піднімає важіль 8. Переміщення штока фіксується індуктивним датчиком переміщення 16. Для зручності роботи оператора, вимірювальна частина приладу піднімається і опускається за допомогою електро-механічного приводу. Даний привід складається з електродвигуна постійного струму (УАД - 54) 12, конічної передачі 13 та передачі гвинт - гайка 14, яка і реалізує піднімання і опускання вимірювальної частини приладу. Кінцевий вимикач 15 використаний для обмеження руху при опусканні. Для вимірювання товщини деталей в різних точках сконструйовано обертовий столик, що складається вимірювального столика 17, крокового електродвигуна (ДШРЗ 9-0,006-18) 18 та конічної передачі 19.

Опис роботи приладу. Опускаємо шток 4, до вимірювального столика 1 і обнуляємо індуктивний датчик 16. Після цього піднімаємо шток і розміщуємо деталь на вимірювальному столику 17. Приводимо в рух кроковий електродвигун 9, що обертає циліндричну передачу 10 і ексцентрик 11. Ексцентрик в свою чергу опускає важіль 8 з індентором 5 до контакту із поверхнею вимірювальної деталі. При подальшому опусканні важеля 8, шток 4 почергово навантажується вагами 6.1 та 6.2. Переміщення штока і індентора.

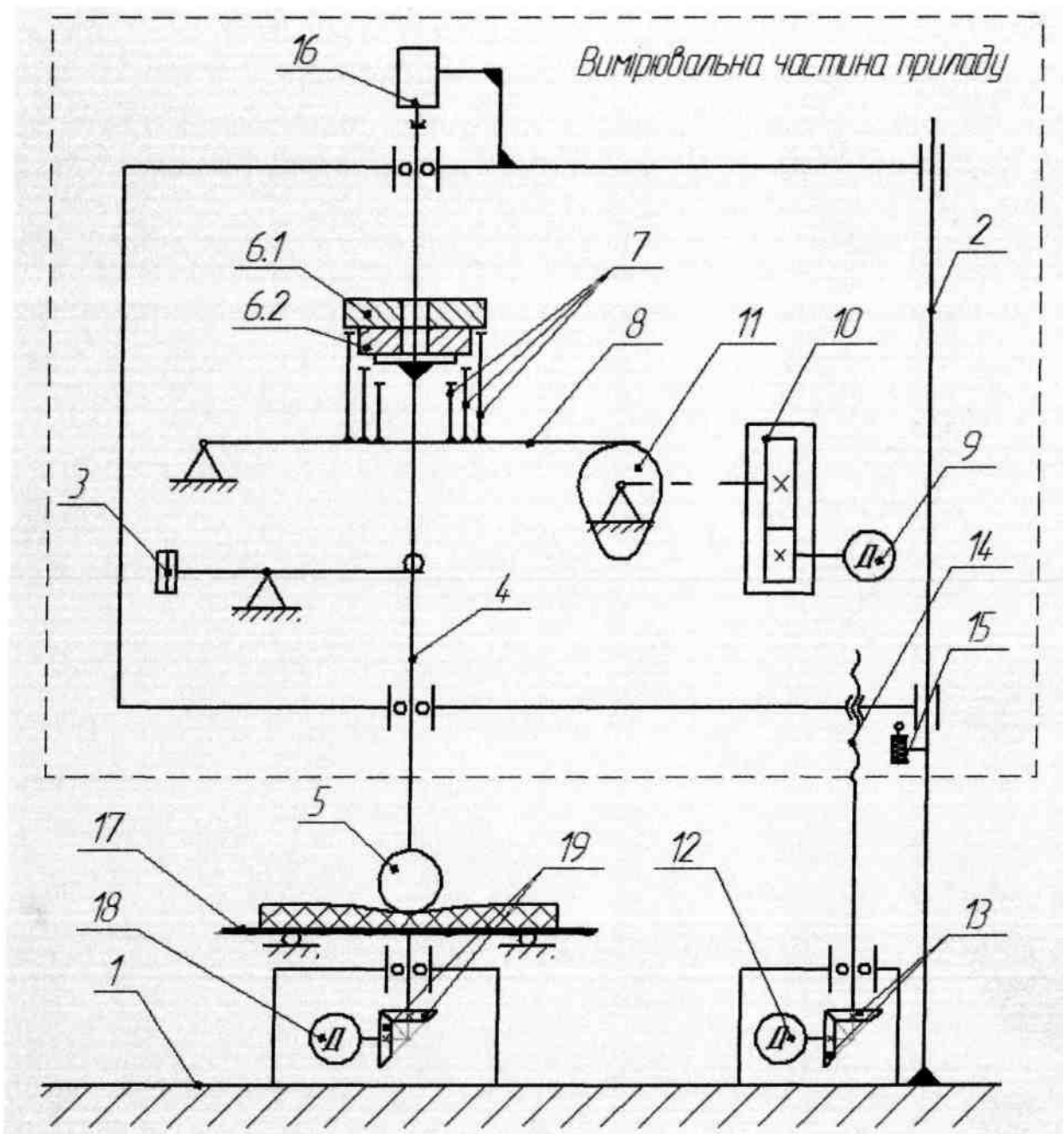


Рисунок 1.2 - Структурна схема приладу

Після кожного навантаження фіксується індуктивним датчиком 16 розміри  $H_1$  і  $H_2$ ).

Схему навантаження деталі індентором зображено на рисунку 1.3. овщину виробу знаходимо за формулою:

$$H = H_1 - H_{12} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right]^{-1} \quad (1.1)$$

де  $H$  - товщина виробу;

$H_1$  - відстань від індентора до вимірювального столика при дії сили  $P_1$ ;

$H_{12}$  - переміщення індентора при збільшенні сили  $P_1$  до  $P_2$ ;

$P_1$  і  $P_2$  - більше і менше значення заданої сили. Формула (1.1) є емпіричною. Емпіричні формули не виводяться

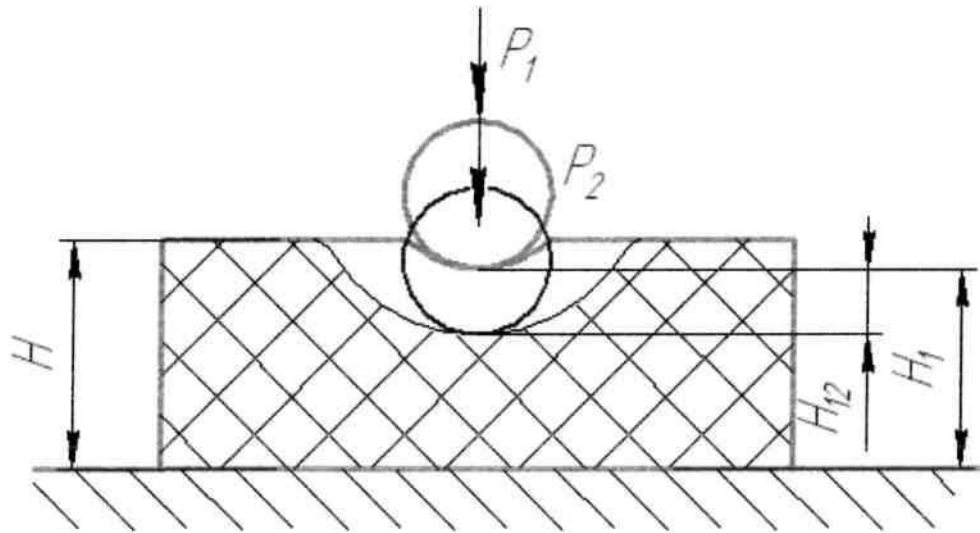


Рисунок 1.3 - Схема навантаження вимірювальної деталі індентором

#### 1.4 Конічно - гвинтовий механізм

##### 1.4.1 Вибір двигуна конічно - гвинтового механізму

Схема навантаження конічно-гвинтового механізму приведена на рисунку 1.4. Запишемо формулу для розрахунку мінімальної потужності електродвигуна:

$$N_{дв. min} = \frac{k \cdot G \cdot V_R}{\eta_{гв} \cdot \eta_{кл} \cdot \eta_{підш} \cdot \eta_{н}} \quad (1.2)$$

де  $\kappa$  - коефіцієнт запасу, який рівний 1,05;  $G$  - вага;

$V_n$  - швидкість навантаження;

$\zeta_{гв.}, \eta_{кп} > \eta_{шдш.}, \eta_n$  - коефіцієнти корисної дії гвинта, конічної передачі, пари підшипників і напрямної.

$$N_{дв.мин} = \frac{1.05 \cdot 72 \cdot 9.8 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0.6 \cdot 0.96 \cdot 0.99 \cdot 0.7} = 7.52 \text{ Вт}$$

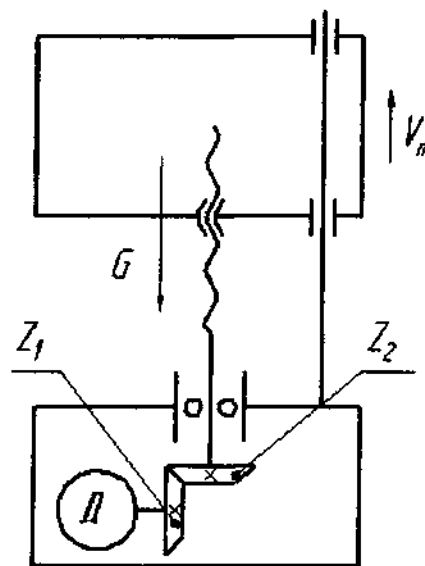


Рисунок 1.4 - Схема навантаження конічно-гвинтового механізму

Вибираємо електродвигун постійного струму УАД - 54 з наступними параметрами  $N_{де}=9$  Вт,  $n=1340$  об/хв.

З конструктивних міркувань вибираємо гвинт з метричною різьбою, яка буде мати наступні параметри:  $P=0.5$  мм;  $D=12$ мм;  $D_2=11.675$ мм ;  $D_3=11.459$ мм.

#### 1.4.2 Розрахунок передаточного відношення

Запишемо формулу для розрахунку загального передаточного відношення:

$$i_{\text{заг.}} = \frac{\omega_{\text{дв.}}}{V_{\text{н}}} = i_{\text{кон.}} \cdot i_{\text{гв.}} \quad (1.3)$$

де  $\omega_{\text{дв.}}$  - кутова швидкість двигуна;

$i_{\text{кон.}} = Z_2/Z_1$  - передаточне відношення конічної передачі;

$i_{\text{гв.}} = 2\pi/P = 3,14 \cdot 2/0,5 = 12,6$  - передаточне відношення гвинта

$\omega_{\text{дв.}} = \pi \cdot n_{\text{дв.}}/30 = 140,3 \text{ рад/с};$

$i_{\text{заг.}} = 140,3/4 = 35 \text{ рад/мм};$

$i_{\text{кон.}} = 35/12,6 = 2,8.$

### 1.4.3 Розрахунок геометричних параметрів конічної передачі

Геометричні параметри конічної передачі зображені на рисунку 1.5. З конструктивних міркувань приймаємо число зубців конічної шестерні  $Z_1=18$ . Тоді  $Z_2=i_{KH} \cdot Z_1=2,8 \cdot 18=50$ .

Модуль конічної передачі вибираємо із стандартного ряду,  $m_e=0,8$  мм.

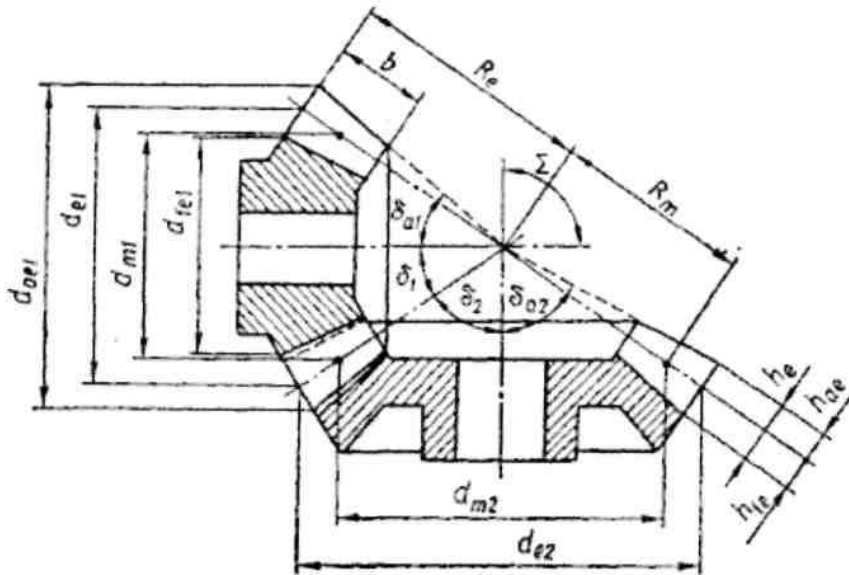


Рисунок 1.5- Геометричні параметри конічної передачі. Визначаємо

$$\tan \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}, \quad \delta_2 = 90 - \delta_1$$

кути при вершинах ділительних конусів за формулами:

$$\delta_1 = \arctan \frac{18}{50} = 19,8^\circ;$$

$$\delta_2 = 90 - 19,8 = 70,2^\circ.$$

$$h_{ae} = m_e = 0,8 \text{ мм}$$

Розміри зубців конічних зубчастих коліс: зовнішня висота головки зубця:

$$h_{fe} = 1,2 \cdot m_e = 1,2 \cdot 0,8 = 0,96 \text{ мм}$$

$$h_e = 2,2 \cdot m_e = 2,2 \cdot 0,8 = 1,76 \text{ мм}$$

зовнішня висота ніжки зубця:

зовнішня висота зубця:

$$c = 0,2 \cdot m_e = 0,16 \text{ мм}$$

Розміри конічних шестерні та колеса: зовнішні ділильні діаметри:

$$d_{e1} = m_e \cdot Z_1 = 0,8 \cdot 18 = 14,4 \text{ мм}, \quad d_{e2} = m_e \cdot Z_2 = 0,8 \cdot 50 = 40 \text{ мм}$$

зовнішні діаметри вершин зубців:

$$\begin{aligned}d_{fe1} &= d_{e1} - 2 \cdot h_{fe} \cos \delta_1 = 15,9 - 2 \cdot 0,96 \cdot \cos 19,8^\circ = 14,1 \text{ мм} \\d_{fe2} &= d_{e2} - 2 \cdot h_{fe} \cos \delta_2 = 40,54 - 2 \cdot 0,96 \cdot \cos 70,2^\circ = 39,89 \text{ мм.} \\d_{ae1} &= d_{e1} + 2 \cdot h_{ae} \cos \delta_1 = 14,4 + 2 \cdot 0,8 \cdot \cos 19,8^\circ = 15,9 \text{ мм} \\d_{ae2} &= d_{e2} + 2 \cdot h_{ae} \cos \delta_2 = 40 + 2 \cdot 0,8 \cdot \cos 70,2^\circ = 40,54 \text{ мм.}\end{aligned}$$

зовнішні діаметри впадин:

$$R_e = 0,5 \cdot m_e \cdot \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = 0,4 \cdot \sqrt{18^2 + 50^2} = 21,26 \text{ мм}$$

зовнішня конусна відстань:

(1.12)

ширина зубчастого вінця:

$$b = b_1 = b_2 = K_{be} \cdot R_e$$

де  $K_{be} = 0,25$  - коефіцієнт ширини зубчастого вінця;  $B = 0,25 \cdot 21,26 = 5,3$ ,  
приймаємо 5. середня конусна відстань:

$$R_m = R_g - 0,5 \cdot b = 18,76 \text{ мм}$$

$$m_m = m_e \frac{R_m}{R_e} = 0,8 \cdot \frac{18,76}{21,26} = 0,706 \text{ мм}$$

середній коловий модуль:

$$d_{m1} = m_m \cdot Z_1 = 12,71 \text{ мм}, \quad d_{m2} = m_m \cdot Z_2 = 35,3 \text{ мм}$$

середні ділильні діаметри шестерні та колеса:

$$\theta_a = \arctg \frac{h_{uw}}{R_e} = 2,2^\circ, \quad \theta_f = \arctg \frac{h_{fe}}{R_e} = 2,6^\circ$$

кути головки та ніжки зубця:

$$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_a = 19,8^\circ + 2,2^\circ = 22^\circ, \quad \delta_{a2} = \delta_2 + \theta_a = 72,4^\circ$$

кути конуса вершин зубців шестерні та колеса:

$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_f = 17,2^\circ, \quad \delta_{f2} = \delta_2 - \theta_f = 67,6^\circ$$

кути конуса впадин шестерні та колеса:

### 1.5 Розрахунок механізму для обертання столика

Для того щоб вимірювальний столик обертася використаємо кроковий електродвигун та конічну передачу. Конічну передачу вибираємо таку



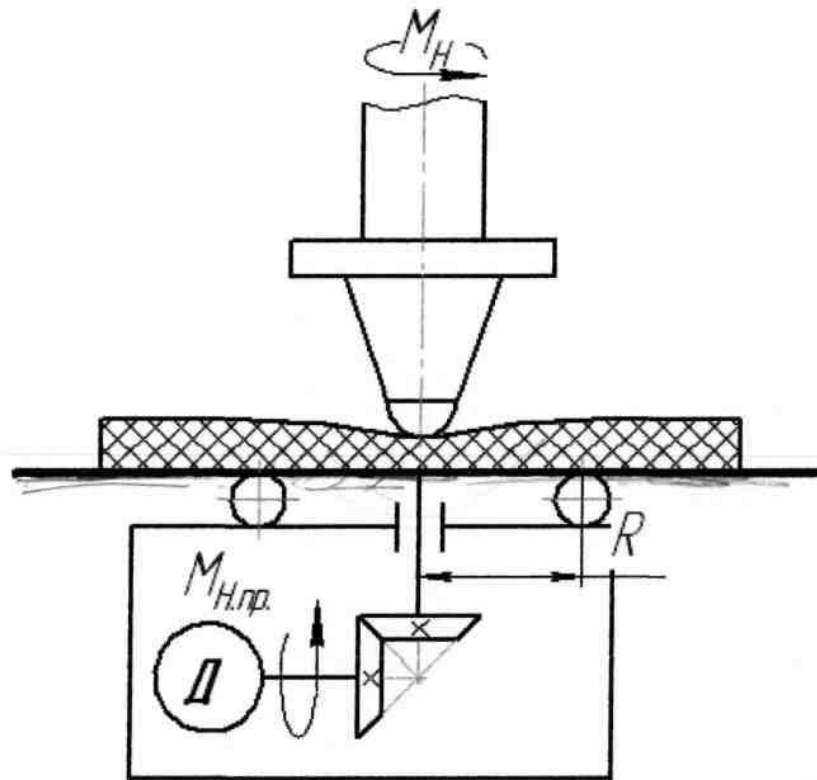


Рисунок 1.6 — Схема навантаження

ж саму як і для конічно - гвинтового механізму. Для того щоб вибрати електродвигун, розрахуємо момент приведений до валу двигуна за формулою:

$$M_{н.пр} = \frac{M_n}{\eta_{заг} \cdot i_{заг}} \cdot k$$

де,  $M_n$ , - момент навантаження;

$\eta_{заг}$  - загальний коефіцієнт корисної дії;  $i_{заг}$  - загальне передаточне відношення;  $k=1,5$  - коефіцієнт запасу.

**КОН.П.**

де  $\zeta_{підш} = 0,99$  - ККД підшипника;  $\zeta_{кон.п} = 0,96$  - ККД конічної передачі

ЧшГО, 95

'заг  $I_{кон.n} \cdot \omega \rightarrow J$  >

де  $i_{кон.n}$ — передаточне відношення конічної передачі. Запишемо формулу для знаходження моменту навантаження:

$$M_H = F_{тр} \cdot R \quad (1.21)$$

де  $R = 35 \text{ мм} = 0,035 \text{ м}$  - радіус по якому розміщені кульки;  $F_{тр}$  - сила тертя.

$$F_w = N \cdot f_{тр} \quad (1.22)$$

$f_{тр}$  - коефіцієнт тертя;  $N$  - нормальна сила.

$$N = F_z + F_w + F_{e.c.}$$

де  $F_z = 2,01 \text{ Н}$ - сила з якою діють навантажувальні ваги;  $F_w = 1,71 \text{ Н}$ - сила з якою діє шток;  $F_{e.c.} = 8,82 \text{ Я}$ -сила з якою діє вимірювальний столик.

$$N = 2,01 + 1,71 + 8,22 = 12,54 \text{ Н}$$

$$F_w - 12,54 - 0,018 = 0,226 \text{ Я } M_n - 0,226 \cdot 0,035 = 0,008 \text{ Я} \cdot \text{м}$$

$$M = \frac{0,008}{1,5} = 0,0045 \text{ ИМ } \text{ "■" } - 0,95 - 2,8$$

Виходячи з отриманих даних вибираємо кроковий електродвигун ДШР 39-0,006-1,8 з номінальним статичним моментом  $M_{\text{ном}}=0,006 \text{ Нм}$ ; крок  $a=1,8$  град.; номінальна напруга  $U = 12 \text{ В}$ .

Для аналізу електромеханічних процесів у двофазному КД застосовується структурна модель (див. Рисунок 3.1). Ротор такого двигуна є постійним магнітом і має  $2r$  магнітних полюсів. Статор складається з ідентичних полюсів і обмоток, розташованих через рівні інтервали  $\lambda$ .

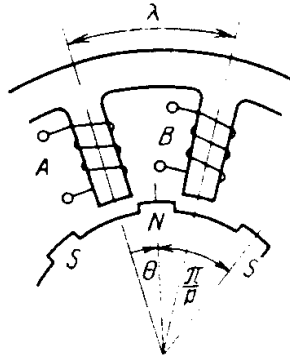


Рисунок 2.1 – Структурна модель крокового двигуна

Раптові стрибкоподібні зміни кутових положень складають основу всіх режимів роботи КД і по суті є єдиною, але дуже важливою його особливістю. Тому всі параметри, які підлягають вимірюванню, також змінюються відповідним чином. Це стає очевидним після розв'язку математичної моделі КД, яка являє собою систему нелінійних диференціальних рівнянь (2.1):

$$\begin{cases} J \frac{d^2\theta}{dt^2} + D \frac{d\theta}{dt} + pn\Phi_m i_A \sin(p\theta) + pn\Phi_m i_B \sin(p(\theta - \lambda)) = 0, \\ V_{gA} - r \cdot i_a - L \cdot \frac{di_A}{dt} - M \frac{di_B}{dt} + \frac{d}{dt} [n\Phi_m \cos(p\theta)] = 0, \\ V_{gB} - r \cdot i_b - L \cdot \frac{di_B}{dt} - M \frac{di_A}{dt} + \frac{d}{dt} [n\Phi_m \cos(p \cdot (\theta - \lambda))] = 0, \\ M_{em} = -nN_r \Phi_M \cdot [i_A \cdot \sin(N_r \cdot \theta) + i_B \cdot \cos(N_r \cdot \theta)], \end{cases} \quad (2.1)$$

де:

$V_{gA}$ ,  $V_{gB}$  – напруга живлення, відповідно фази А та В;

$L$  – власна індуктивність кожної фази;

$M$  – взаємна індуктивність;

$r$  – опір кола обмотки статора;

$N_r$  – кількість зубців ротора;

$J$  – момент інерції;

$D$  – коефіцієнт в'язкого тертя;

$\theta$  – кут повороту ротора КД відносно статора;

$p$  – число пар полюсів;

$n$  – кількість витків обмоток;

$\Phi_m$  – взаємоіндукція;

$i_A, i_B$  – струм в обмотках фаз, відповідно А та В;

$\lambda$  – крок зубців статора КД.

Одним з методів розв'язку системи (2.1) є приведення нелінійних диференціальних рівнянь до лінійних, таким чином фактично виводиться лінеаризована математична модель КД. Проте тоді стає неможливим знайти похибку і попередньо оцінити адекватність отриманої моделі. Тому розв'яжемо систему (3.1) для двофазного КД типу M35SP-6 чисельними методами за допомогою сучасних комп'ютерних засобів, які забезпечують похибку не більшу  $10^{-5} \%$ .

Особливу увагу варто звернути на кут пороту  $\theta$ , відповідно кутову швидкість  $\omega = d\theta / dt$  та обертовий момент  $M_{em}$ .

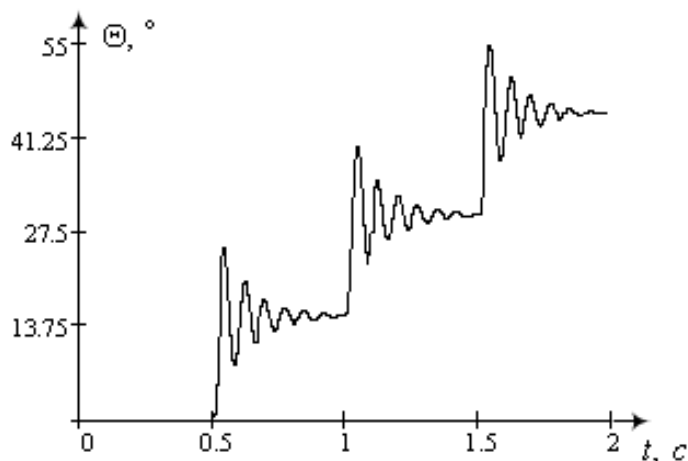


Рисунок 2.2 – Графік зміни кута повороту вала

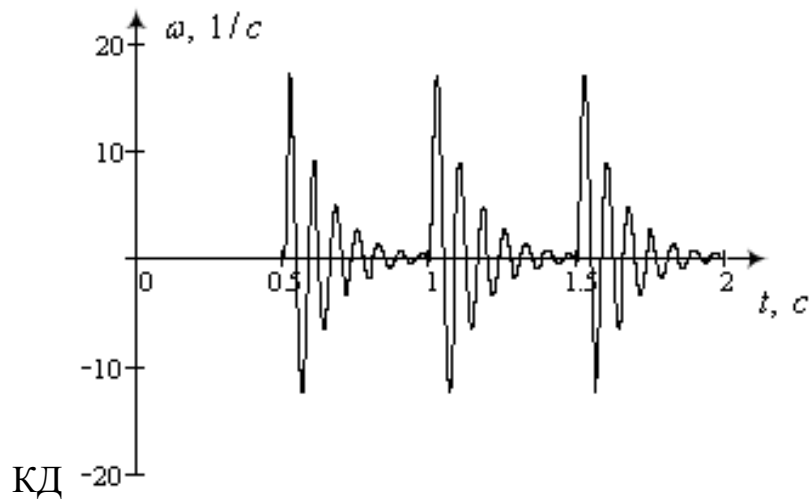


Рисунок 2.3 – Графік зміни кутової швидкості вала КД

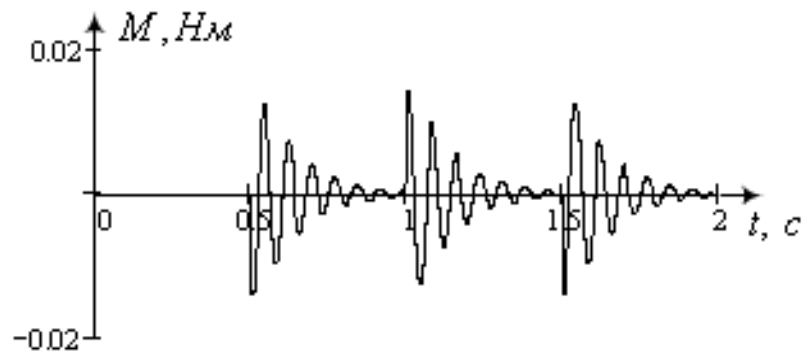


Рисунок 2.4 – Графік зміни обертового моменту КД

На рис. 2.2 показано зміну кута повороту КД та коливання навколо стійких положень, що також спостерігається на графіку зміни кутової швидкості (див. Рисунок 3.3). Різка зміна напрямку обертання супроводжується і зміною обертового моменту (див. Рисунок 3.4).

При лінеаризації системи (3.1) припускається, що  $L$  та  $M$  не залежать від  $\theta$ , а відхилення  $\delta\theta$  від положення рівноваги  $\lambda/2$  достатньо мале, при цьому струм в обох фазах змінюється на  $\delta i_a, \delta i_b$ . Таким чином припускається, що:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\lambda}{2} + \vartheta, \\ \delta i_a &= I_0 + \delta i_a, \\ \delta i_b &= I_0 + \delta i_b. \end{aligned} \tag{2.2}$$

де  $I_0$  – усталене значення струму в обмотках. Тоді з врахуванням (2), лінеаризована система (1) матиме вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} J \frac{d^2 \delta \theta}{dt^2} + D \frac{d \delta \theta}{dt} + 2N_r^2 n \Phi_m I_0 \cos\left(\frac{N_r \lambda}{2}\right) + \\ \quad + N_r n \Phi_m \sin\left(\frac{N_r \lambda}{2}\right) (\delta i_a - \delta i_b) = 0, \\ V_{gA} - r \cdot \delta i_a - L \cdot \frac{d \delta i_a}{dt} - M \frac{d \delta i_b}{dt} - \\ \quad - N_r n \Phi_m \sin\left(\frac{N_r \lambda}{2}\right) \frac{d \delta \theta}{dt} = 0, \\ V_{gB} - r \cdot \delta i_b - L \cdot \frac{d \delta i_b}{dt} - M \frac{d \delta i_a}{dt} + \\ \quad + N_r n \Phi_m \sin\left(\frac{N_r \lambda}{2}\right) \frac{d \delta \theta}{dt} = 0, \\ M_{em} = -n N_r \Phi_m \cdot [\delta i_a \cdot \sin(N_r \cdot \delta \theta) + \\ \quad + \delta i_b \cdot \cos(N_r \cdot \delta \theta)]. \end{array} \right. \quad (2.3)$$

Розв'язком спрощеної системи лінійних диференціальних рівнянь (2.3) є аналітичні залежності:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta(s) = \frac{\left\{ s^2 + \left( \frac{r}{L_p} + \frac{D}{J} \right) \cdot s + \left( \frac{r}{L_p} \frac{D}{J} + k_p \omega_{np}^2 \right) \right\} \cdot \theta_i}{s^3 + \left( \frac{r}{L_p} + \frac{D}{J} \right) \cdot s^2 + \left( \frac{r}{L_p} \frac{D}{J} + \omega_{np}^2 (1 + k_p) \right) \cdot s + \left( \frac{r}{L_p} \right) \omega_{np}^2} \\ I_A = -I_B = \frac{p \Phi_m n \sin\left(\frac{p \lambda}{2}\right) (s \Theta - \theta_i)}{(r + L_p s)}; \\ M_{em} = \frac{N_r n \Phi_m}{\sqrt{r^2 + \omega_{n0}^2 L^2}} \cdot V \sin \left\{ \rho + \arctg \left( \frac{r}{\omega_{n0} \cdot L} \right) \right\} - \frac{n^2 N_r \Phi_m^2 \omega_{n0} r}{r^2 + \omega_{n0}^2 L^2}. \end{array} \right. \quad (2.4)$$

де:  $\rho$  – кут моменту;

$v = \arctg \left( \frac{r}{\omega_{np} \cdot L} \right)$  – корегувальний коефіцієнт;

$L_p = L - M$  – коефіцієнт, який залежить від типу КД;

$k_p = \frac{n \Phi_m \sin^2 \left( \frac{p \lambda}{2} \right)}{L_p I_0 \cos \left( \frac{p \lambda}{2} \right)}$  – коефіцієнт, який також залежить від типу КД;

$$\omega_{np}^2 = \frac{2p^2 \Phi_m n I_0 \cos\left(\frac{p\lambda}{2}\right)}{J} - \text{коефіцієнт, залежний від типу КД.}$$

Представимо результати розв'язку лінеаризованої математичної моделі (4) у вигляді графічних залежностей кута повороту, кутової швидкості та моменту від часу.

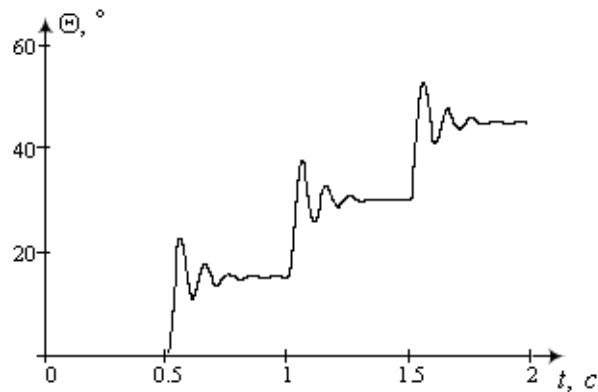


Рисунок 2.5 – Графік зміни кута повороту вала КД (лінеаризована модель)

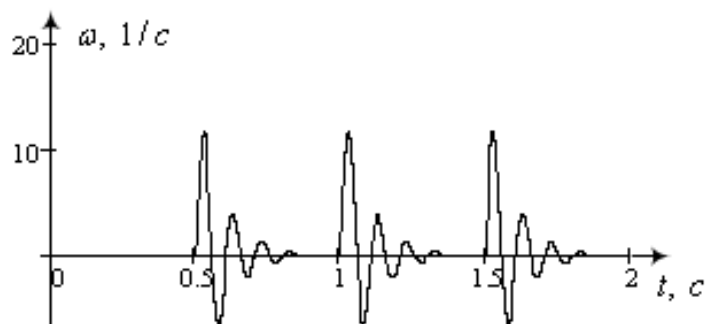


Рисунок 2.6 – Графік зміни кутової швидкості вала КД

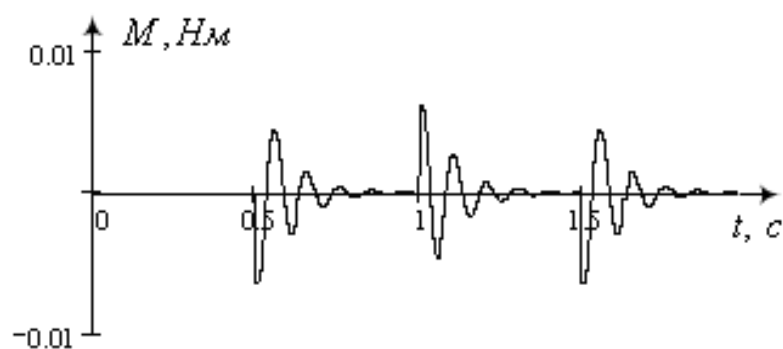


Рисунок 2.7 – Графік зміни обертового моменту КД (лінеаризована модель)



Для визначення відносної похибки лінеаризованої моделі КД відносно нелінійної використовуємо таку розрахункову формулу (3.5):

$$\delta_{\text{лін.моделі}}(t) = \frac{|\Theta^{\text{нл}}(t) - \Theta^{\text{л}}(t)|}{\Theta^{\text{нл}}(t)} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

де:  $\Theta^{\text{нл}}(t)$  – кут повороту нелінійної моделі КД;

$\Theta^{\text{л}}(t)$  – кут повороту лінеаризованої моделі.

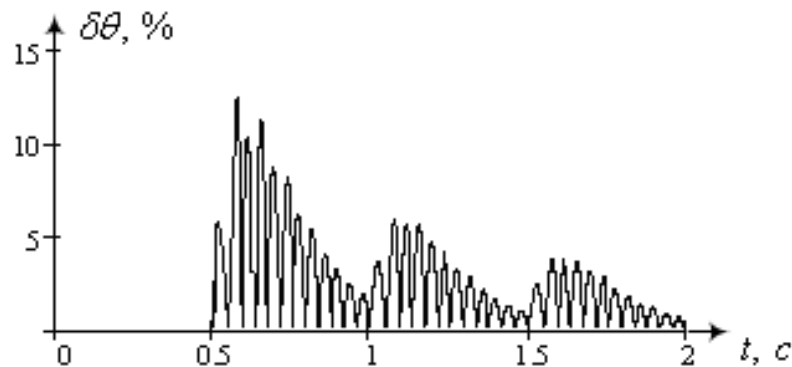


Рисунок 2.8 – Графік зміни відносної похибки лінеаризованої математичної моделі КД відносно нелінійної.

Таким чином максимальне значення похибки лінеаризованої моделі для першого кутового положення становить 12,5%, в подальшому зменшується за експоненціальним законом. Звідси можна судити про адекватність спрощеної моделі, та можливість її застосування замість нелінійної моделі (2.1). Для опису фізичних процесів у чотирифазному КД використовуємо структурну модель, наведену на рисунку 2.5.

## 2.2 Інтерпретація роботи електроприводу біполярного крокового двигуна за допомогою програми Matlab

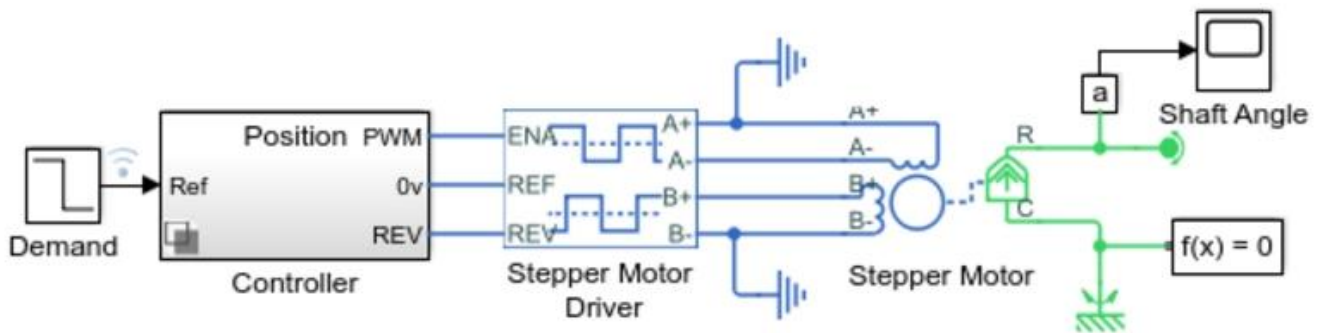


Рисунок 2.9 – Блок-схема біполярного крокового двигуна

Модель забезпечує два параметри контролера: один для управління положенням, а інший – для керування швидкістю. Тип контролера, можна змінити на *Позицію* або *Швидкість*.

Модель має повний розмір кроку 1,8 градуса. У моделі керування позицією вхідне значення Ref – бажана кількість кроків. У режимі регулювання швидкості вхід Ref – це бажана кількість кроків у секунду.

Ця модель є моделлю системного рівня, яка підходить для вивчення динаміки кроків, і чи кут кроку піднімає задане навантаження під час руху. Він також може використовуватися для налаштування контролера кроку для поліпшення крокової продуктивності. Часто регулятор або частково або повністю втілюється в модуль контролера кроку.

Альтернатива впровадження алгоритму на мікропроцесор (наприклад PIC) забезпечує більшу гнучкість, а мікропроцесор також може використовуватися для управління іншими частинами загальної системи. У цьому випадку частини мікропроцесора крокового двигуна також можуть бути впроваджені, залишивши лише стадію підсилювача потужності в аналоговій електроніці.

Тестування контролю позиції:

Алгоритм керування положенням приймає команду позиції як декілька кроків, і перетворює його в імпульсний вхід, який керує драйвером крокового двигуна. “Шипи” на ділянці кутових швидкостей виникають тоді, коли вал осідає у своєму командному положенні.

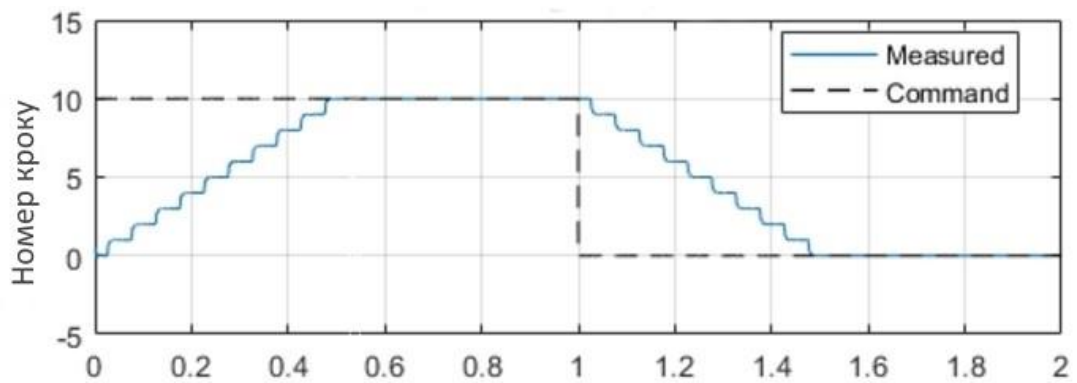


Рисунок 2.10 – Співставлення вимірюваного сигналу із заданим

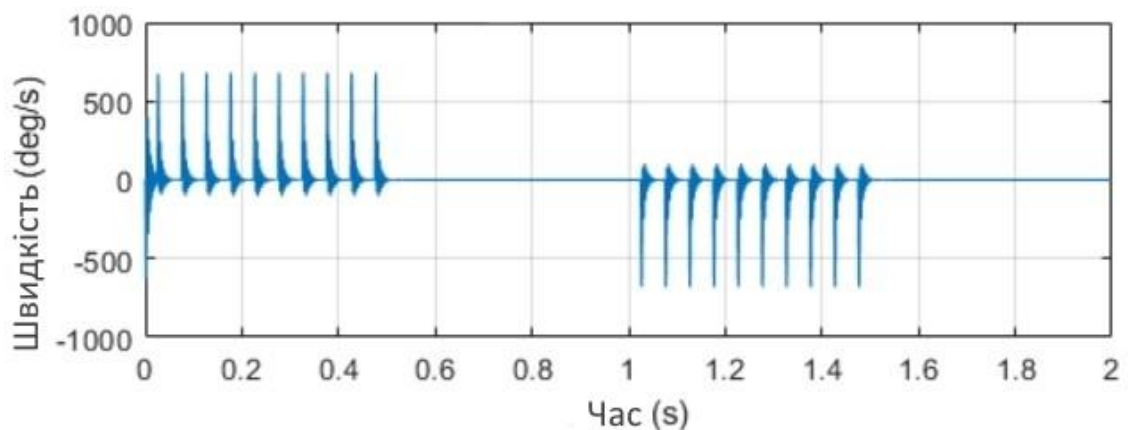


Рисунок 2.11 – Осцилограма швидкості валу крокового двигуна

Тест контролю швидкості:

Наведені нижче ділянки показують кут вала двигуна у порівнянні з сигналом запиту. Алгоритм керування швидкістю приймає команду швидкості як кількість кроків у секунду і перетворює його в імпульсний сигнал, який керує драйвером крокового двигуна. Шипи на ділянці кутових швидкостей виникають, коли вал зупиняється на поточному кроці.

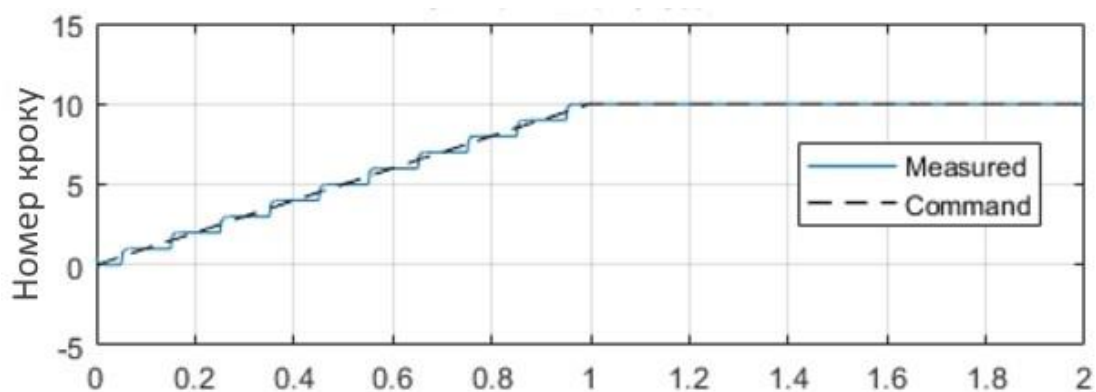


Рисунок 2.12 – Співставлення вимірюваного сигналу із заданим

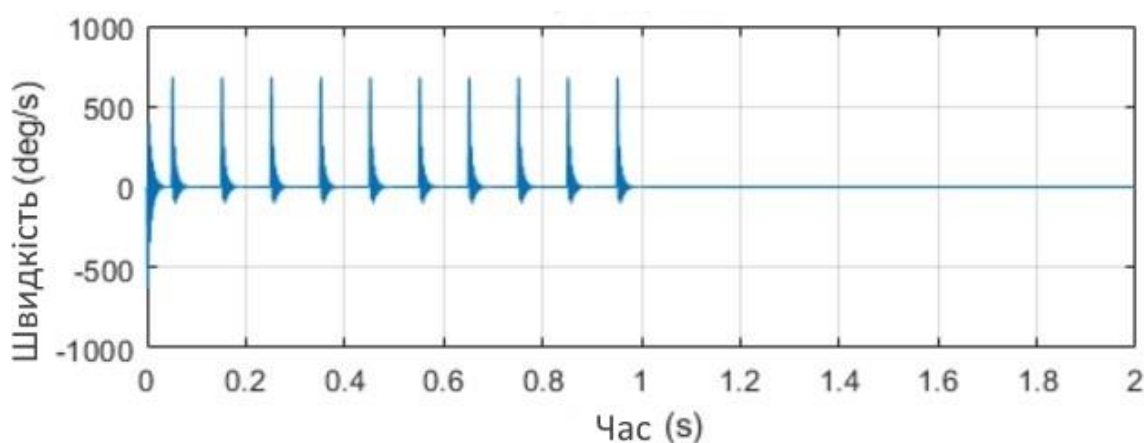


Рисунок 2.13 – Осцилограма швидкості валу крокового двигуна

Графіки нижче показують, як стани виводів на драйвері впливають на рух крокового двигуна. Драйвер ініціює крок кожен раз, коли сигнал ENA піднімається над значком Увімкнення порогової напруги.

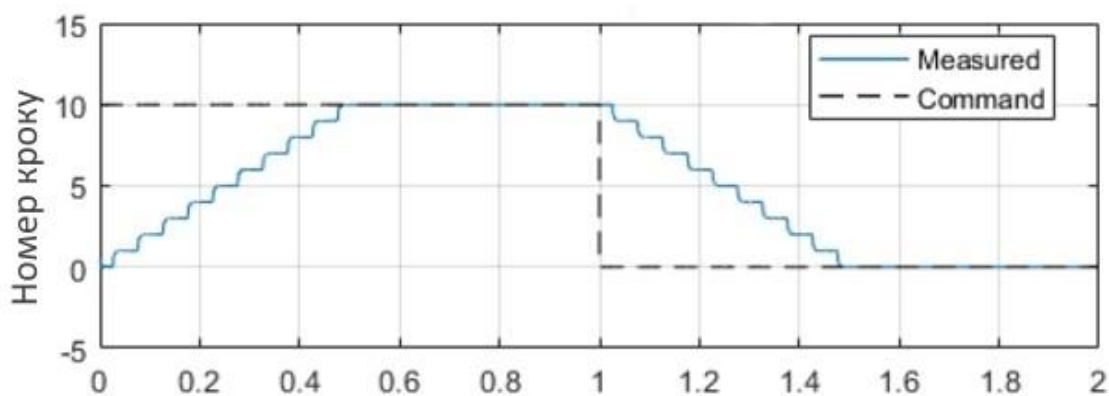


Рисунок 2.14 – Зіставлення вимірюваного сигналу із заданим

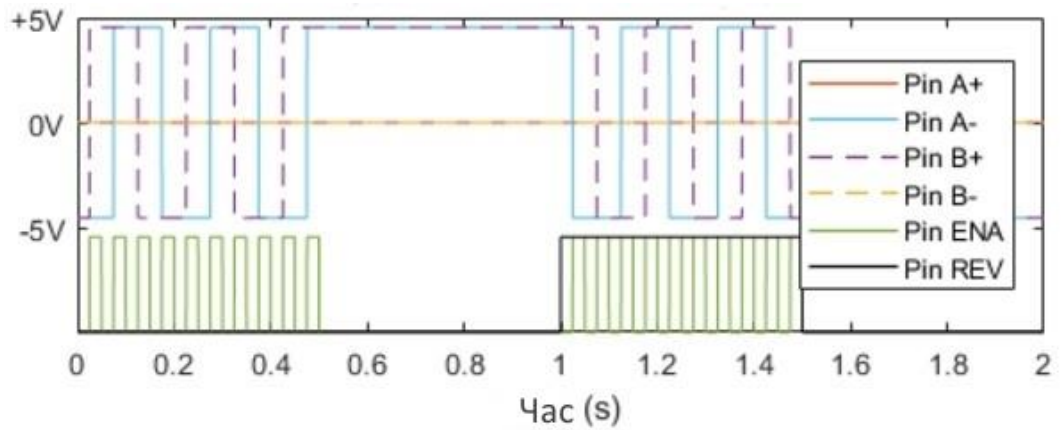


Рисунок 2.15 – Напруга на виводах крокового драйвера

### 2.3 Півкроковий режим крокового двигуна

Мета півкрокового режиму – швидше моделювання для будь-яких навантажень, які не викликають ковзання. Щоб уникнути неправильної інтерпретації результатів, кроковий двигун має приблизне проявлення ковзання, яке може бути налаштовано на генерацію попередження або помилку.

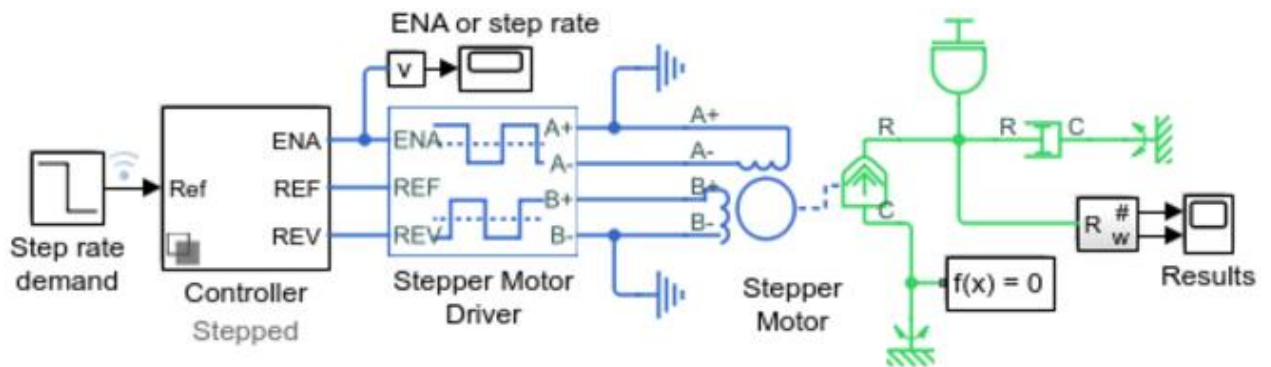


Рисунок 2.16 – Блок-схема біполярного крокового двигуна у режимі Averaged

Номінальне інерційне навантаження для крокового електродвигуна

1-3 кг·м<sup>2</sup>. Якщо збільшити інерцію навантаження до 0,05 кг·м<sup>2</sup> або затухання навантаження до 2 Н·м / с, в обох режимах моделювання буде вказано ковзання. Після того, як проковзує, результати будуть розходитися,

оскільки режим усереднення передбачає, що регулятор швидкості шасі визначає ковзання та регулює попит для підтримки синхронної роботи.

Коливання швидкості на валу відбуваються, коли вал зупиняється на поточному кроці. В пів-кроковому режимі кут і швидкість є гладкими, оскільки окремі кроки не моделюються.

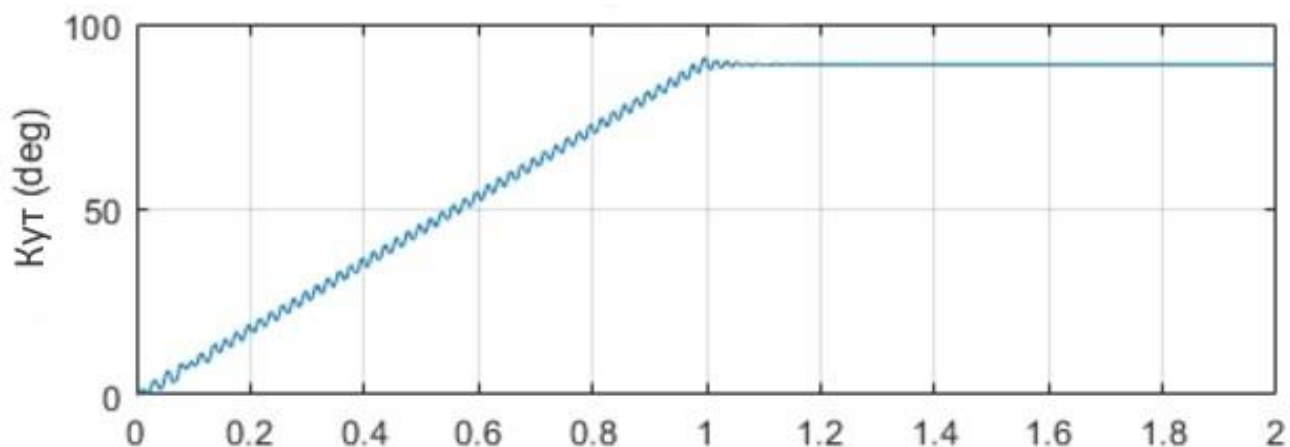


Рисунок 2.17 – Кут валу крокового двигуна в режимі повного кроку

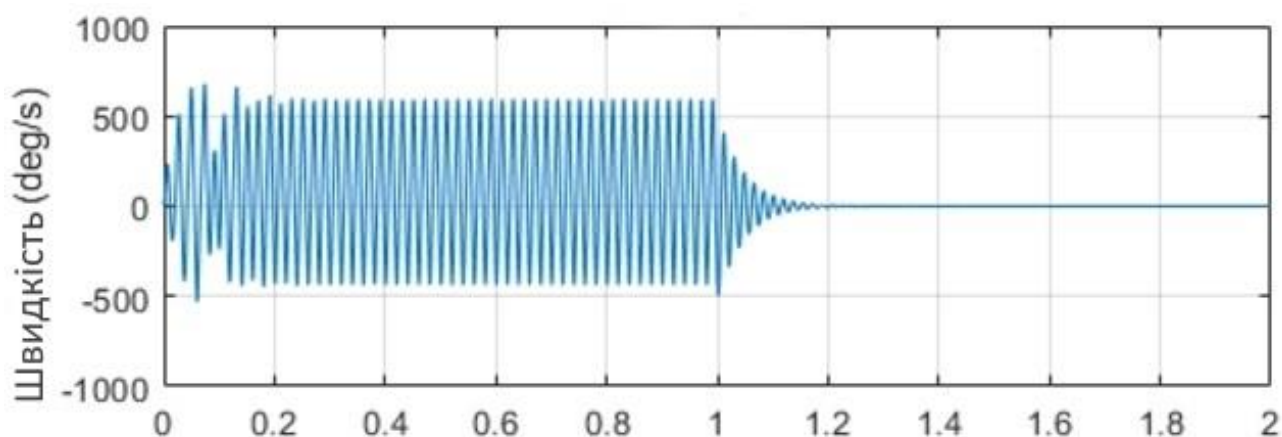


Рисунок 2.18 – Швидкість валу крокового двигуна в режимі повного кроку

Коливання в швидкості валу спостерігаються в кроковому режимі, коли моделюються окремі кроки.

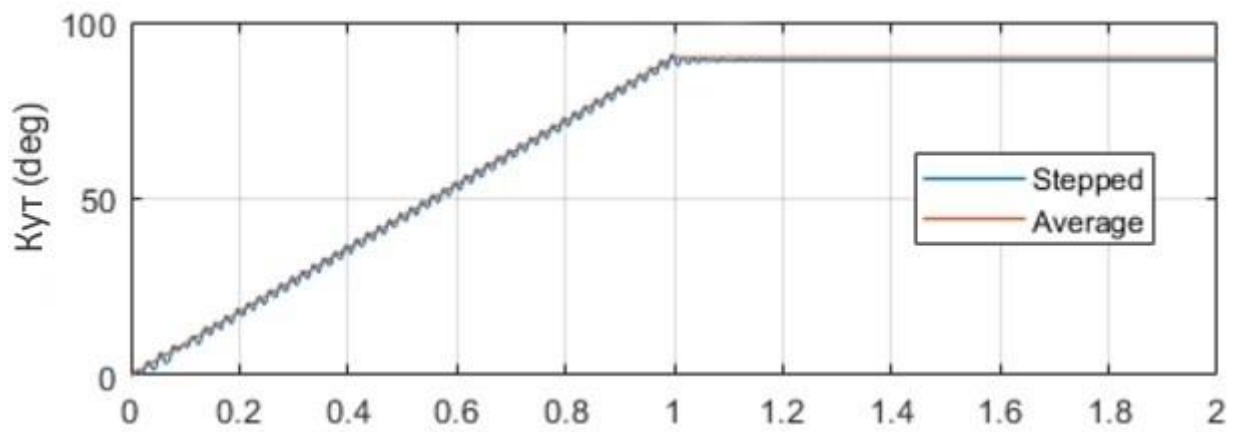


Рисунок 2.19 – Кут валу крокового двигуна в кроковому і пів-кроковому режимах

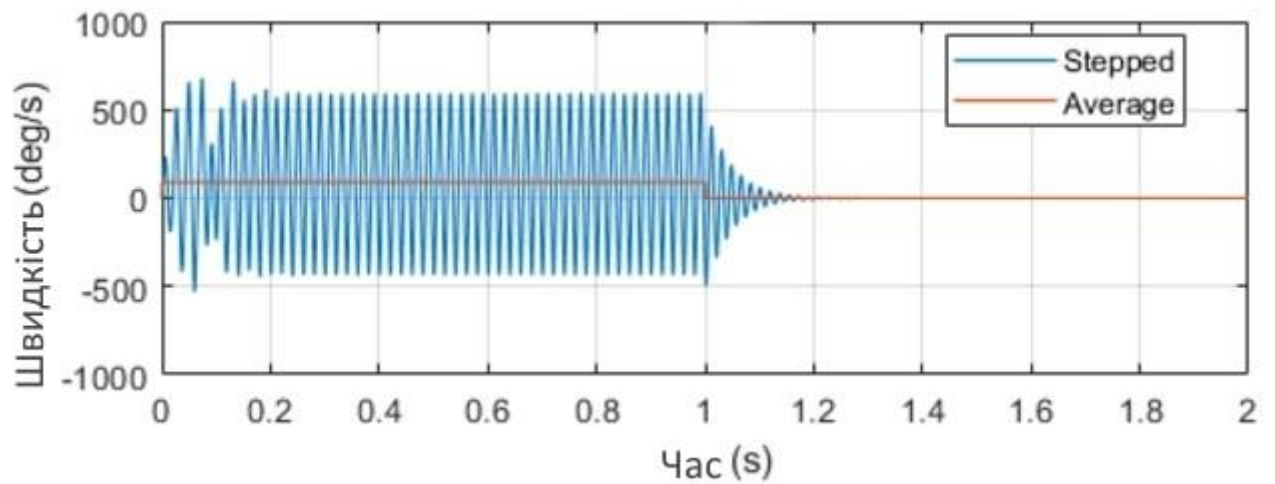


Рисунок 2.20 – Швидкість валу крокового двигуна в кроковому і півкроковому режимах

### 3 Розробка блоку керування

#### 3.1 Опис структурної схеми та її роботи

Процес вимірювання на сконструйованому приладі реалізується за допомогою блоку керування рисунок 3.1.

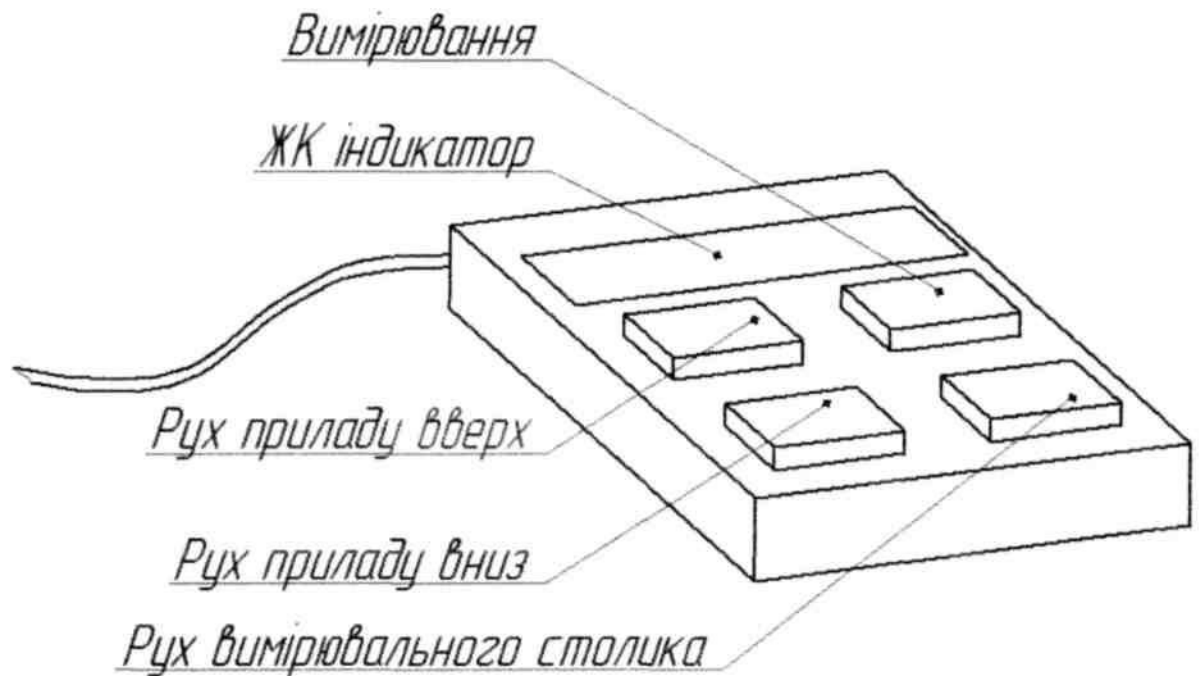


Рисунок 3.1 - Зовнішній вигляд блоку керування

Процес налаштування приладу на вимірювання деталі відбувається наступним чином. При натисканні оператором кнопки «Вимірювання» від мікропроцесора (МК) надходить сигнал, який через драйвер керування кроковим двигуном, приводить в рух кроковий електродвигун, який навантажує шток. Далі натискаючи кнопку «Рух приладу вниз» через МК посилається ще один сигнал на драйвер керування двигуном постійного струму, який приводить електродвигун постійного струму, що опускає вимірювальну частину приладу вниз, до того часу поки індентор на штоці не торкнеться вимірювального столика. Програма зупинить електродвигун постійного струму коли індуктивний датчик зафіксує будь яке переміщення штока. Після цього розвантажують шток кнопкою «Вимірювання». Процес



вимірювання проходить наступним чином. На вимірювальний столик ставимо вимірювальну деталь. Навантажуємо шток меншим  $P_1$ , а потім більшим  $P_2$  зусиллями, що реалізується автоматично. В результаті цього індуктивний датчик виміряє переміщення  $H_1$  (відстань від індентора до вимірювального столика при дії сили  $P_1$ ), і  $H_{12}$  (переміщення індентора при збільшенні сили від  $P_1$  до  $P_2$ ). Дані значення вводяться в формулу (4.1) і програма вираховує товщину деталі.

$$H = H_1 - H_{12} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right]^{-1}$$

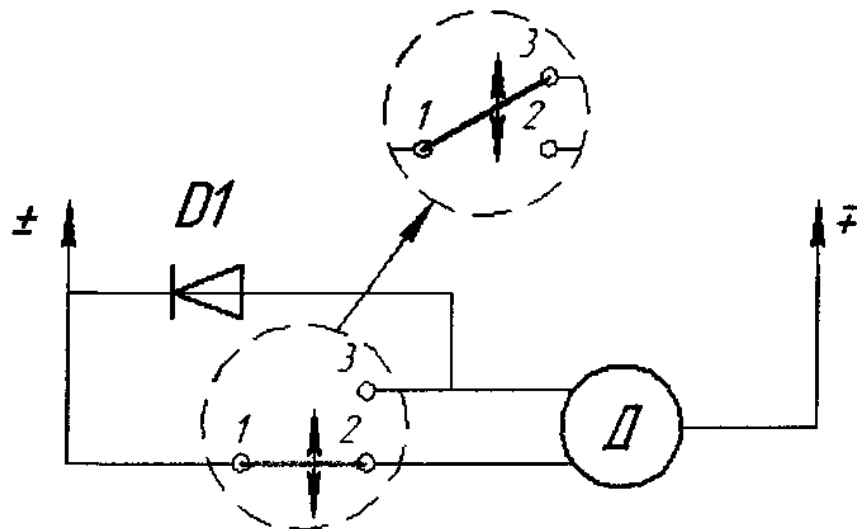


Рисунок 3.2 - Схема підключення кінцевика до електродвигуна

Попередньо необхідно ввести значення більшого і меншого зусилля в формулу. Кінцевий вимикач (рисунок 2.2) служить для аварійної зупинки електродвигуна на випадок збою в роботі програмі.

### 3.2 Вибір драйвера керування двигунами, та опис його роботи

Для керування двигунами необхідне обладнання, яке б перетворювало керуючі сигнали малої потужності в струми, достатні для керування моторами. Таке обладнання називають драйвером двигунів.

Існує досить багато всіляких схем для керування електродвигунами. Вони різняться як потужністю, так і елементною базою, на основі якої вони виконані.

Ми зупинимося на найпростішому драйвері керування двигунами, виконаному у вигляді повністю готової до роботи мікросхеми. Ця мікросхема називається L293D (рисунок 3.3) і є однією з найпоширеніших мікросхем, призначених для цієї мети.

L293D містить відразу два драйвери для керування електродвигунами невеликої потужності (чотири незалежні канали, об'єднаних у дві пари). Має дві пари входів для керуючих сигналів і дві пари виходів для підключення електромоторів. Крім того, в L293D є два входи для включення кожного із драйверів. Ці входи використовуються для керування швидкістю обертання L293D містить відразу два драйвери для керування електродвигунами невеликої потужності (чотири незалежні канали, об'єднаних у дві пари). Має

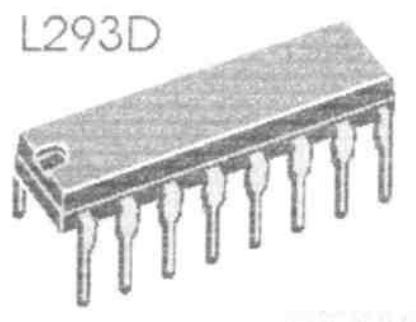


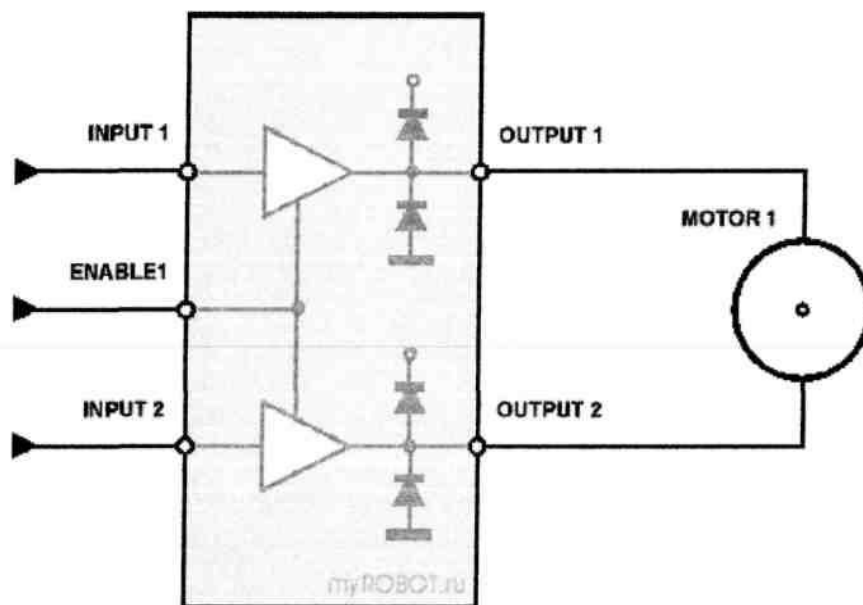
Рисунок 3.3 - Зовнішній вигляд драйвера керування L293D

дві пари входів для керуючих сигналів і дві пари виходів для підключення електромоторів. Крім того, в L293D є два входи для включення

кожного із драйверів. Ці входи використовуються для керування швидкістю обертання електромоторів за допомогою широтно модульованого сигналу (ШИМ).

L293D забезпечує поділ електроживлення для мікросхеми й для керованих нею двигунів, що дозволяє підключити електродвигуни з більшою напругою живлення, ніж у мікросхеми. Поділ електроживлення мікросхем і електродвигунів може бути також необхідним для зменшення перешкод, викликаних перепадами напруги, пов'язаними з роботою моторів.

Принцип роботи кожного із драйверів, що входять до складу мікросхеми, ідентичний, тому розглянемо принцип роботи одного з них, схема.



### Рисунок 3.4 - Схема L293D

До виходів OUTPUT1 і OUTPUT2 підключимо електромотор MOTOR1.

На вхід ENABLE 1, що включає драйвер, подамо сигнал (з'єднаємо з позитивним полюсом джерела живлення +5V). Якщо при цьому на входи

INPUT 1 і INPUT2 не подаються сигнали, то мотор обертається не буде.

Якщо вхід INPUT 1 з'єднати з позитивним полюсом джерела живлення, а вхід INPUT2 - з негативним, то мотор почне обертатися.

Тепер спробуємо з'єднати вхід INPUT 1 з негативним полюсом джерела живлення, а вхід INPUT2 - з позитивним. Мотор почне обертатися в іншу сторону.

Спробуємо подати сигнали одного рівня відразу на два керуючих входи INPUT 1 і INPUT2 (з'єднати обидва входи з позитивним полюсом джерела живлення або з негативним) - мотор обертається не буде.

Якщо ми заберемо сигнал із входу ENABLE 1, то при будь-яких варіантах наявності сигналів на входах INPUT 1 і INPUT2 мотор обертається не буде.

Представити краще принцип роботи драйвера двигуна можна, розглянувши наступну таблицю 3.1:

Таблиця 3.1 - Подача сигналів на L293D

ENABLE	INPUT 1	INPUT2	OUTPUT	OUTPUT
1	0	0	0	0
1	1	0	1	0

1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

Тепер розглянемо призначення виходів мікросхеми L293D (рис.3.5).

Входи ENABLE 1 і ENABLE2 відповідають за включення кожного із драйверів, що входять до складу мікросхеми.

Входи INPUT 1 і INPUT2 керують двигуном, підключеним до виходів OUTPUT 1 і OUTPUT2.

Входи INPUT3 і INPUT4 керують двигуном, підключеним до виходів OUTPUT3 і OUTPUT4.

Контакт  $V_s$  з'єднують із позитивним полюсом джерела електроживлення двигунів або просто з позитивним полюсом живлення, якщо живлення схеми й двигунів єдине. Простіше говорячи, цей контакт відповідає за живлення електродвигунів.

Контакт  $V_{ss}$  з'єднують із позитивним полюсом джерела живлення. Цей контакт забезпечує живлення самої мікросхеми

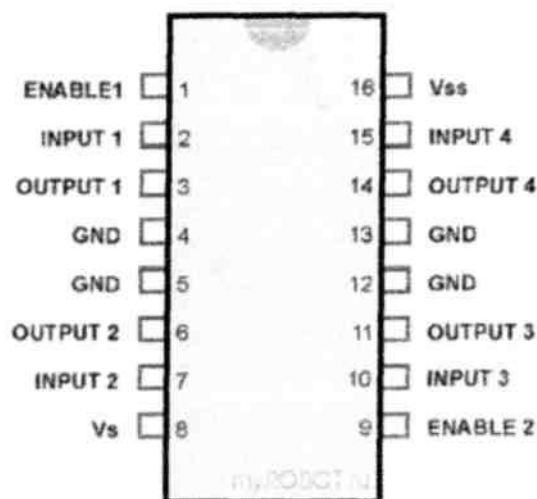


Рисунок 3.5 - Схема виходів L293D

Чотири контакти GND з'єднують із "землею" (загальним провідником або негативним полюсом джерела живлення). Крім того, за допомогою цих контактів звичайно забезпечують тепловідвід від мікросхеми, тому їх найкраще розпаювати на досить широкий контактний майданчик. Характеристики мікросхеми L293D напруга харчування двигунів ( $V_s$ ) - 4,5...36V напруга харчування мікросхеми ( $V_{ss}$ ) - 5V припустимий струм навантаження - 600ша (на кожний канал) піковий (максимальний) струм на виході - 1,2A (на кожний канал) логічний "0" вхідної напруги - до 1,5 V логічна "1" вхідної напруги - 2,3...7V швидкість перемикачів до 5 khz. захист від перегріву

### 3.3 Вибір мікропроцесора

Для розробленого приладу вибираємо 8-розрядні мікропроцесор з 16 Кбайтами внутрішньосистемно програмувальної Flash пам'яті ATMegal6 (рис.3.6). Відмінні риси:

- 8-розрядний високопродуктивний AVR мікроконтролер з малим споживанням.
- Прогресивна RISC архітектура.
- 130 високопродуктивних команд, більшість команд виконується за один тактовий цикл.
- 32 8-розрядних робочих регістру загального призначення.
- Повністю статична робота.
- Продуктивність наближається до 16 MIPS ( при тактовій частоті 16 МГц).
- Вбудований 2-цикловий перемножник .
- Енергонезалежна пам'ять програм і даних.
- 16 Кбайт внутрішньосистемно програмувальної Flash пам'яті (In-System Self-Programmable Flash.)
- Забезпечує 1000 циклів стирання/запису.
- Додатковий сектор завантажувальних кодів з незалежними бітами блокування.
- Внутрісистемне програмування вбудованою програмою завантаження.
- Забезпечений режим одночасного читання/запису (Read-While-Write).
- 512 байт EEPROM.

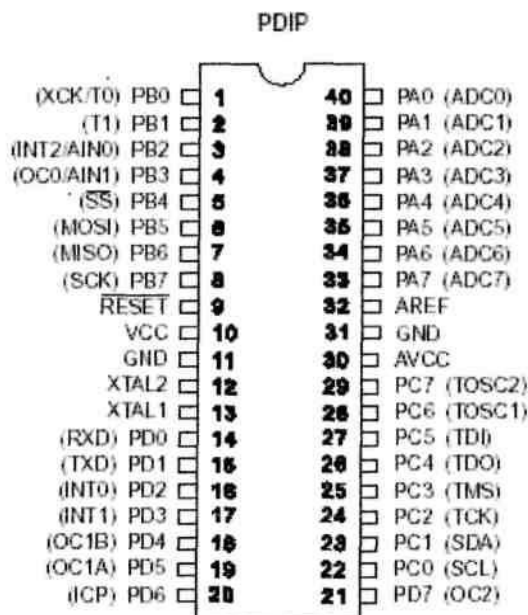


Рисунок 3.6 - Схема виходів ATМega16

- Забезпечує 100000 циклів стирання/запису.
- 1 Кбайт вбудованої SRAM.
- Програмувальне блокування, що забезпечує захист програмних засобів користувача.
- Інтерфейс JTAG (сумісний з IEEE 1149.1).
- Можливість сканування периферії, відповідна до стандарту JTAG.
- Розширена підтримка вбудованого налагодження.
- Програмування через JTAG інтерфейс: Flash, EEPROM пам'яті, перемичок і бітів блокування.
- Вбудована периферія.
- Два 8-розрядних таймера/лічильника з окремим попереднім дільником, один з режимом порівняння.
- Один 16-розрядний таймер/лічильник з окремим попереднім дільником і режимами захоплення й порівняння.



- Лічильник реального часу з окремим генератором.
- Чотири канали PWM.
- 8-канальний 10-розрядний аналого-цифровий перетворювач.
- 8 несиметричних каналів.
- 7 диференціальних каналів (тільки в корпусі TQFP).
- 2 диференціальних каналу із програмувальним посиленням в 1, 10 або 200 раз (тільки в корпусі TQFP).
- Байт-орієнтований 2-проводний послідовний інтерфейс.
- Програмувальний послідовний USART.
- Послідовний інтерфейс SPI (ведучий/ведений).
- Програмувальний сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором.
- Вбудований аналоговий компаратор.
- Спеціальні мікроконтролерні функції.
- Скидання по подачі живлення й програмувальний детектор короткочасного зниження напруги живлення.
- Вбудований калібрований Ре-Генератор.
- Внутрішні й зовнішні джерела переривань.
- Шість режимів зниженого споживання: Idle, Power-save, Power-down, Standby, Extended Standby і зниження шумів ADC.
- Висновки I/O і корпусу.
- 32 програмувальні лінії введення/висновку.
- 40-вивідний корпус PDIP і 44-вивідний корпус TQFP.

### 3.4 Вибір блоку індексації

Для нашого блоку керування, для відображення результатів вимірювання вибираємо індексатор TIC47 (рис.3.7), виготовлений за технологією Chip-On-Glass (COG-технологія, драйвер на склі) зі статичним методом управління сегментами. Спеціальний тип рідких кристалів і особливості драйвера

дозволили добитися небувалої для такого типу індикаторів контрастності. Сегменти відмінно читаються з будь-яких напрямів і практично з усіх кутів по відношенню до площини індикатора. У ТІС47 драйвер включений за схемою з зовнішнім тактуванням з мінімальними вимогами до тактуючого сигналу (частота 25 .. 125Гц, джиттер, шпаруватість - не важливі) в результаті струм споживання індикатора не перевищує 1мкА. Основні технічні характеристики:

Габаритні розміри: 70.00 x 29.00 (27.00 для ТІС55) x 2.85 мм. Розміри видимої області: 64.00 x 14.50 мм. Коефіцієнт мультиплексування: static (1:2 для ТІС42). Напруга живлення драйвера: 2.5 ... 5.5 В (для ТІС42 за замовленням). Кут зору: 6:00 годин.

Діапазон робочих температур: -40 ... +70 ° С Діапазон температур зберігання: -50 ... +80 ° С.

Світлова схема: позитивна.

Тип нижнього поляризатора: відображає.

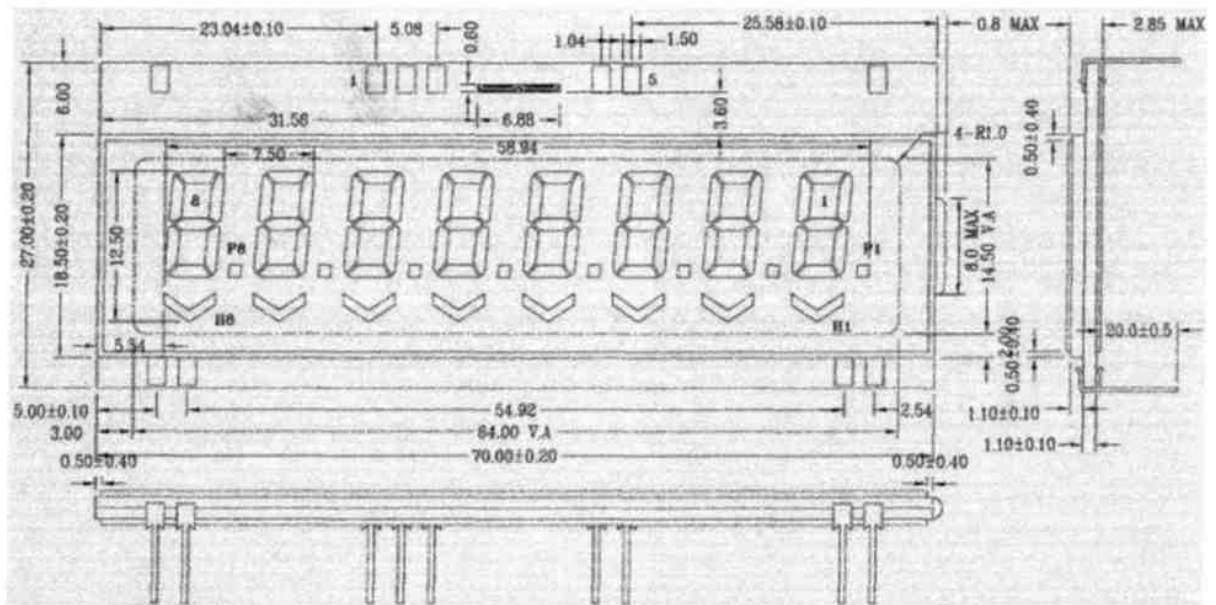


Рисунок 3.7 - Блок індекації

Тип верхнього поляризатора: на просвіт.

Струм споживання в робочому режимі (всі сегменти включені), не більше: 50

мкА (не більше 1 мкА для ТІС47).

Тип рідких кристалів: TN.

### 3.5 Вибір кнопкових перемикачів

З конструктивних міркувань вибираємо кнопку з підсвічуванням Dese Switchlab D16LMSI-labHW (рис. 3.8).

Функціональне призначення: кнопковий перемикач.

Фіксація: є.

Колір: білий.

Робоча напруга, В: 250

Опір ізолятора не менш, МОм: 1000

Опір контактів не більш, Ом: 0.01

Робоча напруга, В: 250

Робочий струм, А: 5

Робоча температура, С : -25 ... +55

Спосіб монтажу на: панель

Кількість контактних груп: 1

Кількість контактів в контактній групі: 4

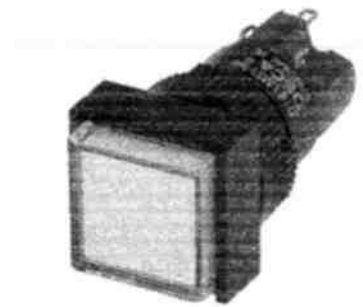


Рисунок 3.8 - Кнопка

## 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Критерії і показники економічної ефективності нової техніки

Існуючий технічний рівень приладобудівної промисловості дозволяє автоматизувати і механізувати практично любую технологічну операцію. Але, далеко не завжди, це є економічно ефективно.

Автоматизація і механізація промисловості можуть здійснюватися із застосуванням різноманітного обладнання, з використанням самих різноманітних транспортних і контрольних пристроїв. Отже, виникає необхідність в економічній оцінці варіантів технічних і організаційних рішень приладобудівної промисловості.

Втілення нової техніки на виробництві може сприяти досягненню найменших затрат суспільної праці, збільшенню випуску і підвищенню якості продукції, полегшенню і оздоровленню умов праці.

Економічна ефективність нової техніки повинна базуватися на оптимальних рішеннях, прийнятих, в першу чергу, виходячи з народногосподарських інтересів по критеріях, які відповідають цілям суспільної промисловості і органічно зв'язаних із законом соціального господарювання: досягнення в інтересах суспільства найбільших результатів при найменших затратах.

Критерієм народногосподарської економічної ефективності являється економія затрат суспільної праці, що рівноцінно росту ефективності всієї узагальнюючої праці. Водночас з критеріями важливо правильно визначити показники економічної ефективності нової техніки. Економічна ефективність нової техніки оцінюється за допомогою вартості і натуральних показників.

До вартісних показників відносяться капітальні вкладення, рентабельність виготовлення, економія приведених затрат і інші.

До натуральних показників, які розкривають сутність нової техніки, відносяться трудоемкість, виробіток на одного працюючого, чисельність

обслуговуючого персоналу, ефективність обладнання, термін дії обладнання, число одиниць ремонтної складності обладнання і інше. Кожний з цих показників, як правило, відображає яку-небудь одну сторону промисловості.

Між вартісними і натуральними показниками існує прямий зв'язок. Так, рентабельність приладу впливає на випуск продукції, її собівартість, ефективність роботи. Енергомісткість впливає на ефективність приладів, яка в свою чергу впливає на вказані вище показники. Термін дії пристрою впливає на питомі капітальні вкладення і амортизацію відрахувань і т. д. При цьому натуральні показники як фактори, які визначають вартість, служать головним чином для розрахунку останніх, але не можуть служити основою для вибору варіантів нової техніки.

#### 4.2 Розрахунок затрат на виготовлення приладу

Затрати на виготовлення нового приладу за розрахунковий період визначається за формулою

$$Z_{вн} = \sum_{t=t_n}^{t_k} Z_{ввт} \cdot K_{прт} \quad (4.1)$$

де  $Z_{ввт}$  – поточні витрати на виробництво нового приладу в  $t$ -му році, вимагаючи амортизаційні відрахування:

$K_{прт}$  – коефіцієнт пропорційності:

$t_k$  – кінцевий рік розрахункового періоду:

$t_n$  – перший рік розрахункового періоду.

Оскільки проектується новий прилад, що впроваджується у виробництво, то коефіцієнт приведення  $K_{пр}=1$ . Тоді формула приймає вигляд

$$Z_{\text{вн}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{нв}i} \quad (4.2)$$

де  $Z_{\text{нв}i}$  – поточні витрати по варіантах калькуляційних статей.

Розрахуємо поточні витрати конкретно для кожної калькуляційної статі.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових за формулою

$$H_3 = \sum_{i=1}^n H_{Mi} \cdot C_{Oi} \quad (4.3)$$

де  $H_3$  – затрати на сировину та матеріали:

$H_{Mi}$  – норма затрат  $i$ -тих сировин та матеріалів на прилад:

$n$  – кількість найменувань сировини і матеріалів, з яких виготовляється прилад.

Із визначеної суми затрат вираховується величина поверхневих відходів. Їх розмір можна прийняти на рівні 2-3% від затрат сировини і матеріалів, розрахованих за нормами витрат. До отриманого результату слід додати транспортно-заготівельні затрати на рівні 6-10% преїскурантної ціни. Дані занесені в таблицю.

Таблиця 4.1 – Визначення величини затрат на сировину матеріалу.

Назва матеріальних ресурсів	Сдиниця виміру	Норма витрат на виготовлення пристрою	Ціна за одиницю Гр	Затрати сировини матеріалів Гр	Величина відходів Гр	Затрати без величини відходів Гр	Транспортно-заготівельні заходи Гр	Загальна сума затрат Гр
Сталь 3	кг	120	2	240	10	230	14,4	244,4
Сталь 40	кг	5	1,8	15	0,5	14,5	0,9	15,4
Сталь45	кг	8	1,8	24	0,4	23,6	1,44	25,04
Сталь35	кг	12	2,70	32,4	0,8	31,6	1,94	1,32
Пластмас	кг	0,5	1,50	1,25		1,25	0,07	33,54
Разом				312,65	11,7	300,95		319,7

Розрахунок вартості купованих напів фабрикатів, деталей і виробів проводиться таким чином

$$K_{нд} = \sum_{i=1}^n H_i C_{Hi} \quad (4.4)$$

де  $K_{нд}$  – вартість купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в прилад;

$H_i$  – кількість і-тих купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в прилад;

$C_{Hi}$  – оптова ціна одиниці і-тих купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в прилад.

Розрахована вартість купованих деталей і напівфабрикатів збільшується на величину транспортно-заготівельних витрат в розмірі до 6-10% від преїскурантної вартості. Дані занесені до таблиці.

Таблиця 4.2 – Розрахунок затрат на куповані напівфабрикати і деталі.

Найменування комплектуючої	К-ть Шт.	Ціна Гр.	Сума ГР.	ТЗЗ Гр.	Загальні затрати Гр.
Болт М4	8	0,05	0,4	0,02	0,42
Болт М5	8	0,08	0,64	0,04	0,68
Болт М6	12	0,10	1,20	0,07	0,27
Болт М8	96	0,10	9,60	0,58	10,18
Болт М10	4	0,15	0,60	0,04	0,64
Болт М12	4	0,15	0,60	0,04	0,64
ГайкаМ4	8	0,05	0,40	0,02	0,42
ГайкаМ5	8	0,08	0,64	0,04	0,61
ГайкаМ10	4	0,20	0,80	0,05	0,85
Пневмоциліндр руху	1	900	900	5,400	905,40
Датчик	2	27,5	55	3,30	58,30
Резистор	42	0,12	5,04	0,30	5,34
Конденсатор	17	0,08	1,36	,008	1,44
Діод		0,20	1,80	0,11	1,91
Транзистор	8	0,35	13,30	0,80	14,10
Мікросхема	7	2	54	3,24	57,24



Затрати енергії на технологічні цілі розраховуються за формулою

$$Z_{ET} = \sum_{i=1}^n H_{ei} \cdot T_{ei} \quad (4.5)$$

де  $Z_{ET}$ —затрати на енергію, яку використовують в технологічних цілях;

$H_{ei}$ — норма витрат і-го виду енергії на виготовлення одного приладу;

$T_{ei}$ — тариф за одиницю витрат і-тих видів енергії;

$n$ —кількість видів енергії.

$H_{ei}=100\text{кВт}$ ;

$T_{ei}=0,25\text{гр/кВт}$ ;

$Z_{ET}=25\text{гр}$ .

Затрати на основну заробітну плату робітників, зайнятих виготовленням приладу, визначається по трудомісткості виготовлення деталей по всіх видах робіт, величину тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати робітників.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n T_i \cdot TC_i \cdot K_o \quad (4.6)$$

де  $T_i$ — трудомісткість і-тих видів робіт по виготовленню приладу;

$TC_i$ — величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду і-тих робіт;

$K_d$ — коефіцієнт доплат, що входять до основної заробітної плати;

$n$ — кількість видів робіт.

Дані занесені до таблиці.

Таблиця 4.3 – Розрахунок трудомісткості робіт

Перелік візлів, що виготовл.	Трудомісткість робіт, нормо-годин.				
	Заготівельних	Механічних	Складальних	Контрольних	Фарбувальних
Основа	2	15	0,5	1	1
Опора	1	4	1	0,2	0,5
Пальці контролюючі	0,5	7	0,5	0,3	–
Кронштейн	0,5	5	1,2	0,1	0,3
Корпус	1,5	10	1,5	0,1	0,2
Друк. Плата	0,5	0,5	–	0,3	–
Разом	6	41,5	4,7	2	2

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду і-тих видів робіт визначається так :

$$TC_i = TC_1 * TK_c \quad (4.7)$$

де  $TC_1$  – величина тарифної ставки першого розряду;

$TK_c$  – середній тарифний коефіцієнт.

Враховуючи особливості виробництва приймаємо середній тарифний коефіцієнт 1,23. Тоді по формулі отримаємо:

$$TC = 75 * 1,24 = 92,25 \quad (4.8)$$

Коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати, визначаються за даними заводу, який виготовляє запроєктований пристрій або аналог.

В укрупнених розрахунках він може прийматись рівним 1,35-1,40. По формулі отримуємо

$$Z_o = 1,53 * 56,2 * 92,25 = 70 \text{гр.}$$

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується в процентах до основної заробітної плати за даними заводу-виробника. В укрупнених розрахунках вона може прийматись на рівні 10-11%.

$$З_д=0,1*З_о=0,1*70=7\text{Гр.}$$

Відрахування на соціальне страхування і пенсійний фонд визначаються в процентах до всієї зарплати виробничих робітників і становлять 36%. Відрахування в фонд чорнобиля та фонд зайнятості становить відповідно 10% і 15%.

До затрат на підготовку і освоєння виробництва відносять затрати на проектування, розробку технологічного процесу. Проектування інструменту і технологічного оснащення, вартість виробів, які використовуються як взірці та інше. Визначаємо затрати на підготовку і освоєння виробництва виходячи із структури витрат відповідних статей.

Чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва визначається за формулою

$$ЧП_T = \frac{T_{ТП}}{Б_ч \cdot K_{ВН}} \quad (4.9)$$

де  $T_{ТП}$ – трудомісткість технічної підготовки виробництва;

$Б_ч$ – плановий річний бюджет часу одного працівника;

$K_{ВН}$ – коефіцієнт виконання норм часу працівника.

Плановий річний бюджет часу працівника становить 1850год. Коефіцієнт виконання норм часу приймаємо рівним

$$T_{ТП}=12210$$

$$ЧП_T = \frac{12210}{1850 \cdot 1.1} = 6$$

Сума зарплати працівників за окладом

$$ЗП_o = \sum_{i=1}^k O_i \cdot ЧП_{Ti} \cdot 12 \quad (4.10)$$

де  $O_i$ – розмір місячних окладів і-тих категорій працівників;

$ЧП_{Ti}$ – чисельність і-тої категорії працівників;

$k$ –кількість категорій груп працівників.

$$ЗП_o = 120 \cdot 3 \cdot 12 + 105 \cdot 12 \cdot 3 = 8100 \text{гр.}$$

Величина основної та додаткової зарплати працівників

$$ЗП_{од} = ЗП_o \cdot (1 + K_d) \quad (4.11)$$

$K_d$ – коефіцієнт додаткової зарплати працівників, приймаємо  $K_d = 0,15$ .

$$ЗП_{од} = 8100 \cdot (1 + 0,15) = 9315 \text{гр.}$$

Величина затрати на підготовку і освоєння виробництва нового приладу визначається за формулою

$$З_{nn} = \frac{ЗП_{од} \cdot 100}{ЗП_{nv}} \quad (4.12)$$

де  $ЗП_{nv}$ – питома вага основної і додаткової зарплати на підготовку і освоєння виробництва приладу аналогу, процентів;

$$ЗП_{nv} = 30\%$$

$$Z_{mn} = \frac{9315 \cdot 100}{30} = 31050 \text{гр.}$$

В одиничному і дрібносерійному виробництві затрати на підготовку і освоєння виробництва повністю виключаються з собівартості з собівартості приладу.

Сума затрат на утримання і експлуатацію обладнання розраховується в процентах до основної затрати робітників. В укрупнених розрахунках проценти перерахованих затрат можна взяти на рівні:

- затрати на утримання і експлуатацію обладнання – 200%;
- цехових затрат – 160%;
- заводських затрат – 210%.

$$Z_{ye} = Z_o * 2 = 70 * 2 = 140 \text{гр.} \quad (4.13)$$

$$Z_{ц} = Z_o * 1.6 = 70 * 1.6 = 112 \text{гр.} \quad (4.14)$$

$$Z_z = Z_o * 2.1 = 70 * 2.1 = 147 \text{гр.} \quad (4.15)$$

Інші виробничі та поза виробничі затрати розраховуються в процентах до заводської собівартості. Значення цих процентів визначається за даними заводів виробництв приладів. Вони можуть бути прийняті на рівні 1-2%. Дані занесені в таблицю.

Таблиця 4.4 – Розрахункові поточні витрати

Калькуляційні статі	Сума затрат по варіантах	
	Базовий	Проектний
Сировина і матеріали за виключенням відходів	574,20	319,7
Куповані напівфабрикати та деталі	1220,17	1058,51

Паливо та енергія на технологічні цілі	129	78
Основна і додаткова зарплата робітників	77	77
Нарахування на зарплату	9315	9315
Витрати на підготовку та освоєння виробництва	38,50	31,05
Витрати на утримання і експлуатацію приладу	280,70	140
Цехові витрати	195,60	112
Загальні заводські витрати	215,36	147
Поза виробничі витрати		11,20
Повна собівартість	11045,53	10479,46

#### 4.3 Визначення лімітної ціни приладу

Лінійна ціна-це максимальна оптова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нового приладу, відображає покращення його споживчих якостей в порівнянні з зразками, що замінюється, і зацікавлює споживача нового пристрою в його використанні

$$Ц_{л}=C_{пн}+П_{н} \quad (4.16)$$

де  $C_{пн}$ - максимальний рівень нової собівартості нового приладу;

$П_{н}$  - нормативна величина прибутку.

Максимальна величина собівартості нового приладу визначається таким чином:

$$C_{пн}=0,85*C_{па}*П_{к} \quad (4.17)$$

де  $C_{пн}$  - нова собівартість приладу;

0,85-нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нового приладу, який гарантує зниження оптових цін на одиницю кінцевого корисного ефекту;

$П_{к}$  - комплексний показник якості.

Нормативна величина прибутку на новий прилад приймається рівною 15% від повної собівартості:

$$C_{пн}=0,85*1,15*11045,53=10797,01\text{гр.}$$

$$Цл=10791,01+0,15*10479,46=12362,93\text{гр.}$$

#### 4.4 Визначення затрат на експлуатацію приладу

Величина поточних експлуатаційних затрат за весь термін служби приладу:

$$ПЗ_e = \sum_{s=1}^t (Z_{noi} + Z_{ndi} + Z_{zni} + Z_{ei} + Z_{pi} + Z_{ii} + Z_{bi} + Z_{ni} + Z_{yni}) \quad (4.18)$$

де  $Z_{noi}$  - затрати на основні матеріали в і-тому році служби;

$Z_{ndi}$  - на допоміжні матеріали;

$Z_{zni}$  - на основну і додаткову заробітну плату;

$Z_{ei}$  - по всіх видах енергії як самого приладу, так і технологічного процесу, де прилад застосовується;

$Z_{pi}$  - на ремонт приладу і технологічного обладнання;

$Z_{ii}$  - на інструмент;

$Z_{bi}$  - втрати від браку;

$Z_{ni}$  - на періодичні перевірки і наладки;

$Z_{yni}$  - умовно постійні витрати;

t-строк служби приладу.

Експлуатація приладу потребує лише періодичного змащування рухомих вузлів в малих кількостях, тому  $Z_{noi}$  і  $Z_{ndi}$  можна не враховувати.

$$Z_{zni} = \frac{t_1}{60} TC_i (1 + K_{\partial o})(1 + K_{\partial \partial})(1 + K_{\partial z}) П \quad (4.19)$$

де  $t_1$ -час однієї вимірювальної операції;

$t_1=5-40\text{хв.}$

$T_{C_i}$ - годинні тарифні ставки операторів  $i$ -го розряду;

$K_{до}$ - коефіцієнт доплат, що входить до основної зарплати;

$K_{дд}$ - коефіцієнт додаткової зарплати;

$K_{вз}$ - коефіцієнт відрахувань на зарплату;

$\Pi$ - річна продуктивність приладу.

$T_{C_i}=1,01$ гр.

$K_{до}=0,4$ ;

$K_{дд}=0,11$ ;

$K_{вз}=0,475$ ;

$\Pi=5000$ оп/рік.

$$Z_{зні} = \frac{5}{60} 1,01(1 + 0,4)(1 + 0,11)(1 + 0,475)5000 = 964,61 \text{гр.}$$

Затрати на енергію:

$$Z_e = M \frac{t_1}{60} \Pi \cdot a \quad (4.20)$$

де  $M$ -потужність, споживання в технологічному процесі, де використовується новий прилад

$M=1,25$ кВт.

$t_1$ -час вимірювань;

$a$ -тариф за 1кВт/год.

$a=0,1$ гр.

$$Z_e = 1,25 \frac{5}{60} 5000 \cdot 0,1 = 52,08 \text{гр.} \quad (4.21)$$



Затрати на ремонт приладу по роках

$Z_{p1}=10\text{гр}; Z_{p2}=15\text{гр}; Z_{p3}=20\text{гр}; Z_{p4}=30\text{гр}; Z_{p5}=40\text{гр}; Z_{p6}=50\text{гр}; Z_{p7}=65\text{гр};$   
 $Z_{p8}=80\text{гр}; Z_{p9}=95\text{гр}; Z_{p10}=110\text{гр}.$

Прилад спроектований з умовою найменшої кількості браку при його роботі, тому розрахунок витрат на брак не враховуємо. Прилад працює автоматично тобто незалежно від іншого технологічного обладнання, тому розрахунку на ремонт технологічного обладнання не проводимо. Затрати на періодичні перевірки і наладки визначаються за формулою:

$$Z_{пi}=N_{пп} * Z_{пп} \quad (4.22)$$

де  $N_{пп}$ — кількість перевірок приладу на протязі одного року;

$Z_{пп}$ — величина затрат на одну перевірку.

$$N_{пп}=12; Z_{пп}=5\text{гр}.$$

$$Z_{пi}=12*5=60\text{гр}.$$

Умовно постійні затрати вимагають в себе витрати на утримання і експлуатацію обладнання, цехові (загально виробничі) затрати і заводські (загальногосподарські) затрати і інші виробничі затрати.

$$Z_{уп}=50\text{гр}.$$

$$ПЗ_е=11791,90\text{гр}.$$

#### 4.5 Визначення економічної ефективності

Економічний ефект від виготовлення та експлуатації приладу за розрахунковий період складається з двох частин.

Економічний ефект від виготовлення виробу:

$$E_B=(Ц_п-Z_{пвр})-(Ц_б-Z_{бвр}), \quad (4.23)$$

де  $Z_{пвр}$ — затрати на виготовлення нового приладу, приведені до розрахункового року;

$Z_{бвр}$ — затрати на виготовлення заміщуваного приладу;

$T_n, T_6$  – строк служби відповідно замінюваного та нового приладу.

$$E_e = Z_{енр}^6 \frac{T_{c2}}{T_{c1}} - Z_{енр}^н \quad (4.24)$$

де  $Z_{енр}^6$  – затрати поточні і разові по експлуатації замінюваного приладу;

$Z_{енр}^н$  – затрати нового приладу;

$T_{c1}, T_{c2}$  – строк служби відповідно замінюваного та нового приладу.

Тоді економічний ефект від виробництва і експлуатації приладу за розрахунковий період становить.

$$E_{вс} = E_в + E_с \quad (4.25)$$

$$E_в = (12363,93 - 10479,46) - (15000 - 13750) = 633,47 \text{ грн.}$$

$$E_с = 12960 * (10/10) - 11791 = 1169 \text{ грн.}$$

$$E_{вс} = 633,47 + 1169 = 1802,47 \text{ грн.}$$

Дані занесені до таблиці.

Таблиця 4.5 – Основні технологічно складальні показники

Показники	Один. виміру	Показники		Результат
		Базового	Проектованого	
Строк служби	Років	10	10	
Оптова ціна	Грн	15000	12362,93	+
Прив. затрати на виготов.	Грн	13750	10479,46	+
Прив. поточні експл. затрати	Грн	12960	11791,90	+
Приведена зал. Вартість	Грн	1400	900	
Економічний ефект	Грн		1802,47	

З розрахунку ми побачили що має місце економічний ефект від виробництва і експлуатації приладу, величина якого 1802,47 грн. Отже виготовлення і експлуатація спроектованого приладу будуть економічно вигідними.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Охорона праці

#### 5.1.1 Аналіз пристрою з точки зору охорони праці

Оскільки пректований пристрій (прилад для вимірювання товщини плівок з низько модульних матеріалів) виготовляється на підприємстві, то небезпечні для життя людини ситуації виникають під час монтажних, регулювальних і налагодочних робіт. Тому для зменшення ймовірності електротравматизму повинні виконуватися наступні основні правила:

- всі доступні для дотику струмоведачі частини обладнання повинні бути ізольовані;
- все електрообладнання підлягає заземленню;
- робочий електроінструмент повинен мати живлення не вище 36 В;
- забороняється використовувати обладнання з пошкодженою ізоляцією;
- робоче місце повинно зберігатися у чистоті і порядку.

Усі роботи проводяться у спеціальних приміщеннях.

При проведенні монтажних робіт є небезпека отруєння організму людини свинцем, тому робочі місця монтажників повинні бути обладнані витяжною вентиляцією, а працівники повинні дотримуватись правил виробничої гігієни.

Монтажно-складальні і регулювальні роботи пов'язані із значним напруженням зору, тому правильно організоване освітлення має велике значення.

Проведемо детальніший аналіз впливаючих факторів.

#### 5.1.2 Техніка безпеки при електрозварювальних роботах

При виконанні електро- та газозварювальних робіт причинами нещасних

випадків можуть бути ураження електричним струмом, дія променів електричної дуги на очі, опіки від безпосередньої дії дуги і бризків розплавленого металу, отруєння шкідливими газами, вибухи посудин і вибухових речовин.

Зварювальний апарат складається з понижувального трансформатора, дроселя зі змінним індуктивним опором (для регулювання величини струму) і проводів, які підмикаються до електрододержака і до виробу, що зварюється. Первинна обмотка трансформатора вмикається в мережу змінного струму (220 або 380 В), а вторинна обмотка (на напругу 65...100 В) коротко замикається електродом на виріб. Бувають також зварювальні апарати постійного струму.

Перед роботою електрозварювальний апарат, а також вироби чи конструкції, які зварюються, мають бути заземлені мідними чи алюмінієвими проводами. Для заземлення використовують металеві конструкції будівель і споруд, а також трубопроводи, які мають надійне сполучення з землею. Не можна використовувати для заземлення трубопроводи з горючими рідинами чи газами. Рекомендується використовувати зварювальні проводи в гумових шлангах і довжиною не більш як 10 м. Електрододержак має бути заводського виготовлення, а також необхідна добра ізоляція ручки і упорне кільце, яке не допускало б доторкання до електрода.

При електрозварювальних роботах використовують такі захисні засоби: спецодяг, спецвзуття, щитки й захисні окуляри із світлофільтрами, брезентові рукавички. При роботі всередині котлів і резервуарів користуються діелектричними рукавичками, галошами, ковриком, шоломом. Ці роботи виконуються за нарядом-допуском двома робітниками, один з яких знаходиться зовні ємкості й тримає у руках канат, прикріплений до пояса зварювача всередині ємкості. При цьому переносна лампа має живитися напругою не більш як 12 В.

При заміні електрода зварник може торкатися рукою тільки одного полюса, бо при доторканні до обох полюсів він може опинитися під напругою 65...70 В (при зварюванні напруга знижується до 15...30 В). Тому при виконанні електрозварювальних робіт у місцях підвищеної небезпеки

(струмопровідна підлога, висока вологість тощо) використовують апаратуру автоматичного вимкнення холостого ходу.

На зварювальній ділянці цеху обов'язкові проходи і проїзди відповідно 1...1,5 м і 2,5 м. Висота зварювального приміщення має бути 4,5...5 м із загальнообмінною приблизно-витяжною і місцевою витяжною вентиляцією. Температура у приміщенні не повинна бути нижчою за 12...15°C . Зварювальні роботи виконують у спеціальних кабінах розміром від 1,5x1,5 до 2,5x2,5 м. площею не менш як 3 м<sup>2</sup> і висотою 1,8 м; підлоги - цегляні чи бетонні. При роботі на відкритому повітрі передбачаються зонти чи навіси з вогнетривких тканин для захисту від сонця і опадів, а для захисту від випромінювань дуги-ширми (екрани) заввишки не менш як 1,2 м. До електрозварювальних робіт допускаються особи не молодші за 18 років, які пройшли навчання і перевірку знань.

При газовому зварюванні та різанні металів використовують такі горючі гази, як ацетилен, водень, природний газ. Ацетилен - вибухонебезпечний газ, тому при його використанні необхідно строго дотримуватися правил техніки безпеки. Карбід кальцію перевозять і зберігають у герметичній тарі (закритих барабанах) окремо від кисню. Необхідно виключити небезпеку попадання з них вологи. Кисень подається до зварювальних постів у балонах під тиском 15 МПа, а в пальник він надходить по шлангах, де змішується з ацетиленом. Щоб не допустити утворення вибухової суміші ацетилену з повітрям, необхідно виконати попереднє продування киснем (при запалюванні спочатку відкривають кисневий кран, а потім ацетиленовий).

Приміщення газозварювальних ділянок обладнується припливно-витяжною вентиляцією, а кожний зварювальний пост - місцевим відсмоктуванням. Ацетиленові генератори встановлюють тільки в окремих приміщеннях з вогнетривких матеріалів.

При газозварювальних роботах необхідно працювати у захисних окулярах, шкіряних рукавичках, прогумованих фартухах. Відстань від генератора до місця зварювання та інших джерел вогню на повинна бути

меншою від 10 м. Генератори для роботи можна встановлювати у приміщеннях, якщо об'єм приміщення не менший за 300 м<sup>3</sup>.

Оскільки при використанні точкової зварки використовують високу напругу і струм, то даліше розглянуто захист від ураження електричним струмом, використання заземлення і занулення.

### 5.1.3 Захист від ураження електричним струмом

Основні причини нещасних випадків від дії електричного струму такі:

- випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, які знаходяться під напругою;
- поява напруги дотику на металевих конструкціях електрообладнання (корпусах, кожухах і т.п.) у результаті пошкодження ізоляції або з інших причин;
- поява напруги на відімкнених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, через помилкове вмикання установки;
- виникнення напруги кроку на поверхні землі у результаті замикання провода на землю.

Основні заходи захисту людини від ураження електричним струмом:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин під напругою для випадкового дотику;
- захисне заземлення, занулення і захисне вимкнення корпусів і кожухів електроустановок, на яких може виникнути напруга;
- застосування малих напруг;
- захист від випадкового дотику до струмоведучих частин застосування кожухів, огорож, подвійної ізоляції;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і запобіжних пристроїв;
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Застосування малих напруг 6...12 В - це найбільшій ступінь безпеки. При цьому живлення споживачів здійснюється від акумуляторів, гальванічних елементів, випрямних установок, перетворювачів частоти, знижувальних трансформаторів на напругу 12, 24, 36, 42 В. Застосування малих напруг обмежується трудністю здійснення протяжної мережі. Тому малі напруги використовуються для ручного електрифікованого інструменту, переносних ламп, сигналізації. Напруга не вища від 42 В має застосовуватися у приміщеннях з підвищеною й особливою небезпекою для живлення переносних електроприймачів при неможливості виконання захисного заземлення або занулення, а також для світильників з лампами розжарювання, що розміщені над столом на висоті, меншій від 2,5 м. А при роботах з великими металевими поверхнями (наприклад, робота в котлах, бункерах) для живлення переносних світильників краще застосовувати напругу не вищу від 12 В.

Електричним поділом мережі можна різко зменшити небезпеку ураження. Розгалужена мережа великої довжини має значну ємність і малий активний опір ізоляції відносно землі. Струм замикання на землю у такій мережі може бути великим. Якщо сильно розгалужену мережу з великою ємністю і малим опором ізоляції розділити на кілька невеликих мереж такої самої напруги, які будуть мати малу ємність і великий опір ізоляції, то небезпека ураження різко знизиться.

#### 5.1.4 Контроль і профілактика пошкоджень ізоляції

Профілактика ізоляції напрямлена на забезпечення її надійної роботи. Необхідно усунути механічне пошкодження, зволоження, хімічний вплив, запилення, перегрівання. Але навіть у нормальних умовах ізоляція "старіє", з'являються місцеві дефекти. Опір ізоляції зменшується, у місцях дефекту ізоляція вигоряє, відбувається так званий пробій ізоляції, у результаті чого може виникнути коротке замикання, що може, у свою чергу, призвести до пожежі або до ураження людей струмом. Для того щоб підтримувати

діелектричні властивості ізоляції, необхідно систематично проводити профілактичні випробування ізоляції, огляди, замінити непридатну ізоляцію.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки не менш як один раз на півроку перевіряють відповідність опору ізоляції нормі. При виявленні дефектів ізоляції, а також після монтажу мережі або її ремонту на окремих ділянках вимкненої мережі вимірюють опір ізоляції. Вимірювання здійснюють між кожним проводом і землею (проводом заземлення) або між проводами різних фаз. При цьому в силових мережах вимикають електропримачі, апарати, прилади, а в освітлювальних - викручують лампочки. Сила вимірюваного опору ізоляції має бути не меншою від норми, зазначеної в правилах будови та експлуатації (для ділянки мережі напруга до 1000 В опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 Мом) Для вимірювання використовують прилад Мегаомметр.

Застосовують також постійний (безперервний) контроль ізоляції під робочою напругою протягом усього часу роботи електроустановки без автоматичного вимкнення. Опір ізоляції відслідковують за шкалою приладу. При зниженні опору ізоляції до гранично допустимого рівня або нижче прилад подає звуковий або світловий сигнал.

На підприємствах широко застосовується випробування ізоляції підвищеною напругою. Цей метод найефективніший для виявлення місцевих дефектів ізоляції і визначення її міцності, тобто здатності тривало витримувати робочу напругу. Електричні машини і апарати випробовують струмом промислової частоти, як правило, протягом 1 хв. Значення випробувальної напруги нормується залежно від номінальної напруги електроустановки і виду ізоляції. В електроустановках напругою понад 1000 В проводять усі види випробувань, а до 1000 В - тільки випробування підвищеною напругою і вимірювання опору.

#### 5.1.5 Захисне заземлення, занулення і захисне вимкнення

При пошкодженні ізоляції та однофазному замиканні струму на металевих частинах електричних машин, апаратів, ЛЕП може з'явитися



напруга, достатня для ураження людини і виникнення пожежі. Захист від цього можна здійснити захисним заземленням (знижують напругу дотику і напругу кроку), зануленням (вимикають обладнання і знижують напруги дотику і кроку на період, поки не спрацює вимкнений апарат), або захисним вимкненням (вимикають пошкоджену ділянку мережі швидкодіючим захистом).

Захисне заземлення призначене для зниження потенціалу на корпусі електрообладнання до безпечної величини. Захисним заземленням називається навмисне електричне з'єднання із землею металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Захисному заземленню підлягають корпуси електричних машин, трансформаторів, світильників та інших електроустановок, які доступні для дотику людини, і які не мають інших видів захисту.

Галузь застосування захисного заземлення:

- мережі до 1000 В змінного струму - трифазні трипровідні з ізольованою нейтраллю; однофазні двопровідні, ізольовані від землі, а також постійного струму двопровідні з ізольованою середньою точкою обмоток джерела струму;
- мережі понад 1000 В змінного та постійного струму з будь-яким режимом нейтральної або середньої точки обмоток джерела струму.

Захисному заземленню підлягає обладнання:

- у приміщеннях з підвищеною небезпекою і в особливо небезпечних приміщеннях, а також у зовнішніх установках заземлення є обов'язковим при номінальній напрузі електроустановки понад 42 В змінного струму і 110 В постійного струму;
- у приміщеннях без підвищеної небезпеки заземлення є обов'язковим при напрузі 380 В і вище змінного струму та 440 В і вище постійного струму;
- у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення виконується незалежно від величини напруги.

Заземлюючий пристрій складається із заземлювача (одного або кількох металевих елементів, заглиблених вертикально у ґрунт) і з'єднувальних провідників. Розрізняють заземлювачі штучні, призначені виключно для заземлення, і природні (металеві конструкції і комунікації іншого призначення,

які знаходяться в землі). Для штучних заземлювачів використовують сталі труби діаметром 35...50 мм або кутникову сталь (40x40...60x60 мм) завдовжки 2,5...3 м; пруткову сталь діаметром не меншим від 10 мм. Вертикальні заземлювачі над поверхнею землі (або підлоги) з'єднуються зварюванням у контур сталюю смугою перерізом не меншим від 4x12 мм або круглого перерізу діаметром не меншим від 6 мм.

Для природних заземлювачів можна використати металеві конструкції й арматуру залізобетонних конструкцій будівель, що з'єднані з землею; прокладені в землі водопровідні труби і свинцеві оболонки кабелів. Забороняється використовувати для цього трубопроводи з пожежовибухонебезпечними рідинами і газами, алюмінієві оболонки кабелів і алюмінієві провідники.

Заземлюючі пристрої діляться на два типи: виносні та контурні. Заземлювачі виносного заземлюючого пристрою розміщуються на деякій відстані від обладнання, яке заземлюється. Контурний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його заземлювачі (або електроди) розміщуються на невеликій відстані один від одного (кілька метрів) по контуру (периметру) майданчика навколо обладнання, яке заземлюється, а також у середині цього майданчика, чим забезпечується кращий ступінь захисту.

У промислових будівлях прокладають магістраль заземлення (у середині приміщення вздовж стін), до якої приєднують паралельно заземлюючі проводи від корпусів обладнання (послідовне вмикання заземлюючого обладнання не допускається). При цьому приєднання заземлюючої магістралі до заземлювача (штучного або природного) виконується у двох місцях. З'єднання заземлюючих провідників між собою і із заземлювачами виконується, як правило, зварюванням, а з корпусами машин і обладнання - зварюванням чи за допомогою болтів.

Для зв'язку вертикальних електродів, а також для самостійного горизонтального електрода використовують смугову сталь перерізом 4x12 мм. Для установки вертикальних заземлювачів попередньо викопують траншею глибиною 0,7...0,8 м, після чого забивають труби або кутники. Верхні кінці

устроєних у землю вертикальних електродів з'єднують сталюю смугою з допомогою зварювання. У таких самих траншеях прокладають також горизонтальні електроди (смуга на ребро).

Заземлення контролюють оглядом і вимірюванням опору заземлювачів. Зовнішній огляд здійснюється не менше одного разу на шість місяців, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою і в особливо небезпечних приміщеннях - один раз на три місяці. Вимірювання опору заземлення проводиться не менше одного разу на рік, а також після капітального ремонту і тривалої бездіяльності установки.

Зануленням називається навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Нульовий захисний провідник - це провідник, який з'єднує занулюючі частини з глухозаземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму або з її еквівалентом.

Занулення застосовується у чотирипровідних мережах напругою до 1000 В із заземленою нейтраллю. З метою зменшення тривалості режиму замикання на корпус прокладається нульовий провід, який з'єднується із заземленою нейтраллю джерела і повторними заземленнями. При зануленні корпуси електрообладнання з'єднуються не із заземлювачами, а з нульовим проводом.

Занулення перетворює замикання на корпус на однофазове коротке замикання, у результаті чого спрацьовує максимальний струмовий захист (плавкий запобіжник, автомат) і селективно вимикає пошкоджену ділянку мережі. Крім цього, ще до спрацювання захисту струм короткого замикання зумовлює перерозподіл напруг у мережі, який веде до зниження напруги корпусу відносно землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику і обмежує час, протягом якого людина, яка доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Вимоги до занулення полягають у тому, що провідники занулення повинні вибиратися так, щоб при замиканні на корпус або на нульовий захисний провід виникав струм короткого замикання, який перевищував би не менш як у три рази номінальний струм плавкого елемента найближчого

запобіжника; при захисті мереж автоматичними вимикачами з електромагнітними розчіплювачами, струм короткого замикання повинен перевищувати значення струму установки при номінальному струмі до 100 А не менш як у 1,4 раза, а при струмі понад 100 А - не менш як у 1,25 раза.

Повна провідність нульового захисного провідника в усіх випадках не повинна бути меншою від 50% провідності базового провідника. Обов'язкова безперервність нульового захисного провідника від кожного корпусу до заземленої точки джерела живлення, тому в мережі нульових захисних провідників не повинно бути роз'єднуючих пристосувань і запобіжників.

Контроль занулення здійснюється після монтажу, ремонту або реконструкції електроустановки і періодично відповідно до системи планово-попереджувальних ремонтів. Контроль включає зовнішній огляд мережі, вимірювання опорів у петлі струмоведучий - нульовий захисний проводи і вимірювання опорів робочого та повторного заземлень.

Захисне вимкнення - це швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження людини струмом. Така небезпека може виникнути при замиканні фази на корпус, при зниженні опору ізоляції мережі нижче певної межі, а також у випадку доторкання людини до струмоведучої частини, яка знаходиться під напругою.

У всіх цих випадках небезпека ураження зумовлена напругою дотику  $U_{dot}$  або струмом, який проходить через людину ( $U_{dot}=I_l R_l$ ).

Принцип захисту людини в цьому випадку полягає в обмеженні часу протікання через тіло людини небезпечного струму. Пристрій захисного вимкнення постійно контролює мережу і при зміні її параметрів, що зумовлені підімкненням людини в мережу, вимикає всю мережу або окрему її ділянку. Усі пристрої захисного вимкнення складаються із датчика, перетворювача і виконавчого органу. Бувають такі види пристроїв, які реагують на напругу корпусу відносно землі, на струм замикання на землю, на напругу нульової послідовності, на напругу фази відносно землі, на оперативний струм.

Пристрої захисного вимкнення повинні відповідати таким вимогам: висока чутливість, здатність здійснювати самоконтроль справності, достатня надійність.

Захисне вимкнення застосовується тоді, коли інші захисні заходи (заземлення, занулення) неможливі (в умовах вічної мерзлоти і т.п.), коли вони ненадійні і дорогі або коли до безпеки обслуговування ставляться підвищені вимоги (у шахтах, кар'єрах), а також при пересувних електроустановках. Галузь застосування пристроїв захисного вимкнення не обмежена: вони можуть використовуватися в мережах будь-якої напруги з будь-яким режимом нейтралі. Але найпоширеніші вони в мережах до 1000 В (із заземленою та ізольованою нейтраллю). Захисне вимкнення є незамінним для ручних електроінструментів.

## 5.2 Організація цивільного захисту на підприємстві приладобудівної галузі

Цивільний захист на підприємстві приладобудівної галузі (далі – об'єкті) організується з метою своєчасної підготовки об'єкта до захисту від наслідків НС та оперативного проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Згідно зі ст. 20 Кодексу цивільного захисту України "Організація заходів цивільного захисту суб'єкта господарювання здійснюється підрозділами (посадовими особами) з питань цивільного захисту, які створюються (призначаються) керівниками зазначених суб'єктів господарювання...Порядок діяльності підрозділів з питань цивільного захисту або призначених осіб визначається відповідними положеннями про них або посадовими інструкціями. Положення про підрозділ (посадова інструкція працівника) з питань цивільного захисту затверджується керівником, що його створив (призначив), на підставі типового положення про такий підрозділ, що затверджується центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту."

На об'єктах підвищеної небезпеки (радіаційно-, хімічно-, вибухонебезпечних) створюються локальні системи виявлення загрози виникнення НС і оповіщення працівників цих об'єктів та місцевого населення, що проживає в зоні можливого ураження

Відповідальність за цивільний захист об'єкта несе керівник цього об'єкта, він є начальником ЦЗ об'єкта і підпорядковується своєму старшому начальнику (міністерства чи відомства), а в оперативному відношенні начальнику цивільного захисту міста чи району.

Начальник цивільного захисту об'єкта несе відповідальність за:

- створення, організацію, підготовку і дієдатність системи цивільного захисту на підпорядкованому об'єкті;
- забезпечення захисту персоналу (а на об'єктах підвищеної небезпеки і за захист населення, що проживає в зонах можливого ураження від наслідків аварій на цих об'єктах) під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру;
- організацію і здійснення заходів щодо попередження НС, а у разі їх виникнення – за мінімізацію збитків від них;
- створення і організацію роботи системи оповіщення на об'єкті;
- створення і організацію роботи комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій, а також евакуаційної комісії об'єкта;
- постійну готовність органів управління і невоєнізованих формувань об'єкта до функціонування в мирний і воєнний час;
- фінансове та матеріально-технічне забезпечення заходів у сфері цивільного захисту;
- підготовку і навчання персоналу до дій у НС.

Наказом начальника ЦЗ об'єкта призначаються заступники (як варіант – з евакуації, інженерно-технічної частини, з матеріально-технічного постачання, з оперативних питань).

Органом управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту об'єкта є штаб цивільної оборони та надзвичайних ситуацій (штаб ЦЗ та НС) (далі – штаб ЦЗ).

Штаб ЦЗ очолює начальник штабу, який є першим заступником начальника ЦЗ об'єкта. До складу штабу входять заступники начальника штабу і необхідні спеціалісти. Штаб комплектується як штатними працівниками ЦЗ об'єкта так і посадовими особами підприємства, не звільненими від виконання своїх основних обов'язків.

Начальник штабу ЦЗ відповідає за безпосередню організацію та функціонування сил і засобів цивільного захисту під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру. Він має право віддавати розпорядження з питань цивільної оборони, захисту від НС техногенного, природного та воєнного характеру від імені начальника цивільного захисту об'єкту.

Начальник штабу ЦЗ несе відповідальність за:

- організацію своєчасного оповіщення і збору персоналу об'єкта;
- організацію роботи і узгодженість дій створених на об'єкті органів управління і структурних підрозділів цивільного захисту;
- розробку планової документації з питань цивільного захисту, її своєчасне уточнення і коригування;
- стан готовності особового складу невоєнізованих формувань цивільного захисту до дій за призначенням;
- своєчасне доведення до виконавців рішень начальника цивільного захисту та організацію контролю за їх виконанням;
- організацію збору і аналізу інформації щодо вірогідного виникнення надзвичайних ситуацій, відпрацювання пропозицій щодо захисту персоналу (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті) від їх наслідків;
- виконання заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкта в воєнний час та при виникненні надзвичайної ситуації техногенного або природного характеру;
- організацію взаємодії з місцевими органами державної влади, підрозділами ДСНС України, аварійно-рятувальними службами тощо;

– організацію спеціальної підготовки і підвищення кваліфікації персоналу у сфері цивільної оборони, захисту від надзвичайних ситуацій.

Обов'язки начальника цивільного захисту та начальника штабу ЦЗ об'єкта при різних режимах функціонування єдиної системи цивільного захисту наведено в таблиці.

Обов'язки начальника цивільного захисту об'єкта та начальника штабу цо об'єкта при різних режимах функціонування єдиної системи цивільного захисту

Обов'язки начальника ЦЗ об'єкта	Обов'язки начальника штабу ЦЗ об'єкта
<i>У режимі повсякденної діяльності:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– знати вимоги законодавчих і нормативно-правових актів держави у сфері захисту персоналу (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті) від надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру;</li> <li>– постійно удосконалювати особисту підготовку;</li> <li>– спланувати і забезпечити здійснення відповідних заходів щодо захисту працівників усіх структурних підрозділів об'єкта (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті) і</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– забезпечити готовність систем зв'язку та оповіщення;</li> <li>– забезпечити підготовку органів управління та невоєнізованих формувань цивільного захисту (НФЦЗ) до дій за призначенням;</li> <li>– керувати розробкою плану цивільного захисту від надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу;</li> <li>– спланувати та організувати здійснення підготовки та підвищення кваліфікації персоналу об'єкта з питань цивільного захисту від НС мирного та воєнного часу;</li> <li>– приймати участь у діяльності комісії з питань ТЕБ та НС і евакуаційної комісії об'єкта;</li> <li>– забезпечити розробку і</li> </ul>



<p>навколишнього природного середовища під час виникнення НС;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– організувати підготовку і навчання персоналу з питань ЦЗ, дій під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного чи воєнного характеру;</li> <li>– забезпечити готовність до використання за призначенням органів управління, сил і засобів цивільного захисту щодо попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру;</li> <li>– організувати розробку і своєчасне коригування плану дій органів управління та сил цивільного захисту щодо попередження та ліквідації наслідків НС у мирний та воєнний час.</li> <li>– керувати плануванням та здійсненням евакозаходів на випадок надзвичайних ситуацій як мирного, так і воєнного часу;</li> <li>– забезпечити весь персонал об'єкта засобами індивідуального і колективного захисту, іншим майном цивільного захисту;</li> <li>– впроваджувати нові методи прогнозування, оцінки обстановки,</li> </ul>	<p>виконання організаційних, фінансових, інженерно-технічних заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта за умовами надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– своєчасно подавати передбачені звіти, донесення та інші документи;</li> <li>– удосконалювати навчально-матеріальну базу з питань цивільного захисту.</li> </ul>
--	---

<p>розрахунків сил і засобів, прийняття і реалізації рішення з використанням комп'ютерної техніки із сучасним програмним забезпеченням при моделюванні і виникненні надзвичайних ситуацій на об'єкті;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– організувати забезпечення структурних підрозділів об'єкта сучасними засобами оповіщення і зв'язку;</li> <li>– створити і підтримувати в належному стані матеріальні і фінансові резерви для забезпечення діяльності органів управління і сил цивільного захисту при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру.</li> </ul>	
<p><i>У режимі підвищеної готовності:</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– здійснити прогнозування і моделювання обстановки, що склалася, при можливості – з використанням програмного забезпечення, відпрацювати пропозиції щодо нормалізації ситуації;</li> <li>– перевірити стан системи оповіщення і збору керівного складу, органів управління цивільного захисту персоналу об'єкта (а на об'єкті</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– забезпечити дублювання одержаного сигналу оповіщення або інформації про загрозу чи виникнення НС і доведення їх до керівництва, невоєнізованих формувань цивільного захисту, усього персоналу об'єкта (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті);</li> </ul>

підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті);

- встановити постійний зв'язок і взаємне інформування про ситуацію, що склалася, з місцевими органами державної влади, підрозділами МНС України, аварійно-рятувальними службами тощо;

- організувати спостереження і контроль за станом навколишнього середовища і прилеглої до об'єкта території;

- при виникненні НС, що загрожує життю і здоров'ю персоналу і підопічних об'єкта, здійснити їх екстренну евакуацію в безпечний район;

- вжити заходів щодо захисту навколишнього середовища і підвищення сталості функціонування об'єкта;

- привести органи управління і невоєнізовані формування цивільного захисту (НФЦЗ) у стан готовності до використання за призначенням;

- організувати перевірку служб життєзабезпечення об'єкта, їх готовності до дій відповідно до обстановки, що прогнозується;

- організувати збір і аналіз інформації про ситуацію, що склалася та підготувати проект відповідного рішення начальника цивільного захисту;

- забезпечити збір і початок роботи комісії з питань ТЕБ та НС, інших створених органів упорядкування цивільного захисту;

- запровадити на об'єкті цілодобове оперативне чергування;

- започаткувати виконання розділу плану, що стосується дій при загрозі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного або воєнного характеру;

- здійснити підготовчі заходи щодо захисту персоналу об'єкта (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті);

- забезпечити доведення розпоряджень начальника цивільного захисту, органів управління цивільного захисту до виконавців;

- проконтролювати виконання заходів, передбачених календарним планом дій при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного,

<p>– доповісти про обстановку і проведені заходи вищестоящому керівництву.</p>	<p>природного та воєнного характеру;</p> <p>– забезпечити своєчасне подання відповідних звітів і донесень до вищестоящего керівництва.</p>
<p><i>У режимі надзвичайної ситуації</i></p>	
<p>1. Усвідомити й оцінити обстановку, прийняти відповідні оперативні рішення, поставити завдання голові комісії з питань ТЕБ та НС, керівникам інших органів управління та невоєнізованих формувань цивільного захисту:</p> <p>– на забезпечення своєчасного оповіщення персоналу об'єкта (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті);</p> <p>– на організацію дій НФЦЗ об'єкта щодо локалізації і ліквідації НС;</p> <p>– на проведення рятувальних та інших невідкладних робіт;</p> <p>– на організацію меддопомоги постраждалим і евакуацію їх у лікувальні заклади;</p> <p>– на забезпечення контролю за заходами безпеки при веденні рятувальних, аварійно-відновлюваль-</p>	<p>– забезпечити негайне доведення одержанного сигналу оповіщення чи інформації про виникнення надзвичайної ситуації до керівництва, невоєнізованих формувань цивільного захисту, усього персоналу об'єкта (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті);</p> <p>– прийняти негайні заходи щодо захисту персоналу (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті) об'єкта;</p> <p>– організувати здійснення рятувальних, аварійно-відновлювальних та інших невідкладних робіт;</p> <p>– забезпечити функціонування за призначенням органів управління та невоєнізованих формувань цивільного захисту;</p>

<p>них та інших невідкладних робіт;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– на забезпечення безперервного керування заходами щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;</li> <li>– на організацію своєчасного коригування планів дій щодо ліквідації наслідків НС;</li> <li>– на організацію спостереження за станом навколишнього середовища і джерелом небезпеки;</li> <li>– на евакуацію персоналу у безпечні райони.</li> </ul> <p>2. Доповісти вищестоящому керівництву про місце, час, причину, вид НС, завдані збитки, наслідки, вжиті заходи.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– організувати практичне виконання плану ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного, природного чи воєнного характеру та їх наслідків;</li> <li>– приймати участь у діяльності комісії з питань ТЕБ та НС і евакуаційної комісії об'єкта;</li> <li>– забезпечити розробку наказів, розпоряджень і вказівок начальника цивільного захисту та органів управління цивільного захисту;</li> <li>– забезпечити своєчасне подання відповідних звітів і донесень до вищестоящого керівництва.</li> </ul>
--	---

На великому об'єкті для організації і проведення заходів захисту від НС на базі відповідних структурних підрозділів (відділів, цехів тощо) об'єкта, в залежності від характеру його виробничої діяльності створюються служби цивільного захисту:

- оповіщення і зв'язку;
- протипожежна;
- аварійно-технічна;
- сховищ і укриттів;
- медична;
- охорони громадського порядку;
- протирадіаційного та протихімічного захисту;
- харчування та торгівлі;
- автотранспортна;
- матеріально-технічного постачання та інші.

На невеликому об'єкті служби ЦЗ не створюються, а їх функції при необхідності виконують структурні органи управління цього об'єкта. Керівники цих служб (керівники підрозділів на базі яких створені ці служби) відповідають за постійну готовність сил і засобів, за забезпечення підлеглих формувань спеціальними засобами (засобами індивідуального захисту, спецобладнанням, апаратурою, приладами, технікою тощо), за навчання діям у надзвичайних ситуаціях.

Для виконання завдань цивільного захисту на об'єкті створюються невоєнізовані формування. Вони поділяються на формування загального призначення (наприклад, рятувальні загони, команди, групи) і формування служб (команди, групи, дружини, ланки, пости).

Невоєнізовані формування – це завчасно підготовлені до дій у НС групи робітників та службовців об'єкта, які об'єднані в окремі загони, команди, дружини, ланки, групи, пости зі спеціальною технікою, приладами та майном, без звільнення їх від основної роботи.

### 5.3 Організація та забезпечення проведення евакуації персоналу підприємств приладобудівної галузі у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій

У разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій ключовим способом захисту робітників і службовців підприємства приладобудівної галузі є евакуація та розосередження.

Евакуація – це організований вивід (вивіз) населення (у тому числі і персоналу суб'єктів господарської діяльності) із осередків ураження внаслідок аварій, катастроф і стихійного лиха та зон радіаційного забруднення місцевості і хімічного забруднення та катастрофічного затоплення. Евакуація із районів стихійних лих, а також аварій і катастроф організується начальниками цивільного захисту міст і районів та їх органами управління ЦЗ, з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення. Безпосередньо проведенням евакуаційних заходів займаються начальники і штаби ЦЗ та з НС

суб'єктів господарської діяльності, керівники домоуправлінь та житлово-експлуатаційних контор під 2 керівництвом евакуаційних комісій, що створюються у містах (районах) та на об'єктах господарської діяльності. Евакуація проводиться у найкоротші строки після її оголошення. Для здійснення цього заходу використовуються усі види громадського транспорту (залізничний, автомобільний, водний і навіть авіаційний), що не зайняті невідкладними виробничими і господарськими перевезеннями, а також транспорт індивідуального користування. Певна частина населення, що підлягає евакуації, може виводитися пішим порядком. З отриманням розпорядження на проведення евакуації начальники і органи управління цивільного, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій разом з евакуаційними комісіями і службами ЦЗ у відповідності з певними планами проводять оповіщення керівників підприємств і установ, навчальних закладів, домоуправлінь тощо, а через них робітників і службовців, їх сімей та іншого населення про час прибуття на збірні евакуаційні пункти для евакуації. Для оповіщення населення використовуються різного роду системи оповіщення, а також засоби масової інформації - радіо, телебачення, преса тощо. Автотранспорт у більшості випадків використовується для вивозу евакуйованих на невелику відстань. При перевезеннях автотранспортом окрім пасажирських автобусів застосовуються пристосовані для перевезення людей вантажні автомобілі. Підвищуються норми завантаження автотранспортних засобів. Автотранспорт зводиться в автоколони по 25-30 машин. Для вивозу населення залізницею і водним транспортом використовуються не лише пасажирські залізничні состави і судна, але й інші засоби, що звичайно не застосовуються у нормальних умовах для перевезення людей, - товарні вагони і напіввагони, вантажні судна, баржі, платформи тощо. Передбачається більш ущільнене завантаження вагонів і суден, а також збільшення довжини поїздів. Колони евакуйованих пішим порядком, як правило, формуються поблизу збірних евакопунктів. У цілях кращої організації переходу практикується розбивання колон за цехами та іншими виробничими підрозділами. На чолі колон ставляться досвідчені і авторитетні керівники. Вивід населення пішки

здійснюється по дорогам, а також по маршрутам і колонним шляхам. Марш піших колон планується звичайно на відстань одного добового переходу із задачею вийти із зони можливих руйнувань (зараження). Евакуйовані розселяються у населених пунктах місць евакуації як у громадських будівлях, так і у житлових будинках місцевих жителів (у порядку їх ущільнення). Питання комунально-побутового обслуговування евакуйованого населення вирішуються за рахунок розширення існуючих у сільській місцевості і створення додаткових комунальних установ. Медичне обслуговування забезпечується існуючою мережею лікарень, поліклінік, медичних пунктів, аптек. Евакуйованим дітям надається можливість продовжувати навчання у школах за місцем евакуації. Місцеві органи управління, куди евакуюються люди із районів стихійних лих, аварій, катастроф, а також керівники підприємств, установ, організацій повинні виявляти постійну турботу про населення, що евакуюється, вживати заходів щодо його працевлаштування та всебічного забезпечення. Евакуація населення з районів стихійних лих буде провадитись всіма наявними способами евакуації. Перевага буде надаватись автомобільному та залізничному транспортові.

При аварії на підприємствах приладобудівної галузі силами керівників підприємств та місцевих органів здійснюється евакуація робітників і службовців, а у необхідних випадках і місцевого населення, що проживає поблизу аварії або катастрофи, що сталася, а також потерпілих. При евакуації можуть бути внесені корективи у попередні розрахунки у зв'язку із обстановкою, що склалася.

Успіх евакуації багато у чому буде залежати від самого населення (персоналу об'єктів), що підлягає евакуації, від його організованості і дисциплінованості при здійсненні цих заходів. Дізнавшись про наступну евакуацію, громадяни, кого стосується цей захід, негайно готуються до виїзду (виходу) із осередку (зони) ураження (зараження, затоплення): збирають необхідні речі, підготовлюють засоби індивідуального захисту (обов'язково засоби захисту органів дихання), документи і гроші.



Найбільш необхідне, що треба узяти з собою при евакуації: паспорт, військовий квиток, трудову книжку або пенсійне посвідчення, диплом (атестат) про закінчення навчального закладу, свідоцтво про шлюб та народження дітей. Кількість речей і продуктів харчування має бути розрахована на те, що людині доведеться нести їх самій. При евакуації на транспортних засобах загальна маса речей і продуктів харчування має складати приблизно 50 кг на дорослу людину, при евакуації пішки вона має бути значно меншою, у відповідності з фізичною витривалістю кожної людини. Усі речі і продукти харчування повинні бути запаковані у рюкзаки, мішки, сумки, валізи або зв'язані у вузли. При евакуації пішки їх слід запакувати у рюкзаки і речові мішки, щоб зручніше було їх нести. До кожного місця з речами і продуктами прикріплюється бирка з позначенням на ній прізвища, імені і по батькові, адреси постійного місця проживання і кінцевого пункту евакуації їх власника. У призначений час евакуйовані повинні прибути на вказані їм збірні евакуаційні пункти (ЗЕП) для відправлення у позаміську зону. Якщо хтось захворів і не зможе з'явитися на ЗЕП, він повинен через родичів або сусідів повідомити про це начальнику цивільного захисту об'єкту (керівнику домоуправління), який вживатиме необхідних заходів для вивозу такої людини на станцію завантаження. Хворі, що перебувають на лікуванні у медичних закладах, евакуюються разом із цими закладами; окремі хворі можуть бути виписані і евакуйовані разом із своїми родинами. До станцій (пристаней) посадки населення, що вивозиться у позаміську зону на 5 транспортних засобах, із збірних евакуаційних пунктів направляється організовано. Для цього поблизу ЗЕП воно зводиться у колони (групи) - по ешелонам і вагонам, судам та їх приміщенням, автоколотам і машинам, які прямують на станції (пристані) завантаження, як правило, пішим і порядком. Посадку евакуйованих у вагони, на судна і автомобілі організують старші цих транспортних засобів. Кожний громадянин повинен суворо дотримуватися встановленого порядку посадки. Не можна допускати давки і штовханини біля дверей вагонів, трапів суден або бортів автомобілів; кожний зобов'язаний зайняти своє місце у вагоні, на судні або в автомобілі у передбаченому порядку і у встановлений час. Після завершення посадки на транспорт нікому не

дозволяється виходити з вагонів, залишати судна або виходити з автомобілів. У дорозі без дозволу відповідних начальників ніхто не має права виходити на зупинках або переходити із вагонів, пересаджуватись з одного судна в інше, з одного автомобілю на другий. При пересуванні пішки необхідно суворо додержуватись дисципліни маршу; виконувати всі команди і сигнали, що подаються керівниками маршу; дотримуватись темпу руху і дистанції під час руху; на привалах і проміжних пунктах додержуватись правил пожежної безпеки; приймаючи участь у марші зобов'язані надавати допомогу один одному, особливо знесиленим і відстаючим. По прибутті на станцію (пристань вивантаження) висадка евакуйованих провадиться за командою старших вагонів, суден і автомобілів. Усі громадяни, що прибули у позаміську зону, повинні пройти реєстрацію на прийомних евакуаційних пунктах і розселитися на місце проживання за вказівкою робітників цих пунктів.

Органи управління з надзвичайних ситуацій та у справах цивільного захисту беруть участь у плануванні евакуаційних заходів і всебічно сприяють підготовці евакоорганів до дій за призначенням. Для транспортного забезпечення здійснення зазначених заходів залучається у мирний час весь транспорт, що є на відповідній адміністративній території, а у воєнний час той, що не поставляється до Збройних Сил України. Планування проведення евакуаційних заходів на випадок виникнення надзвичайних ситуацій є одним із головних завдань начальників і управлінь (відділів) з питань надзвичайних ситуацій і цивільного захисту населення районів, міст обласного підпорядкування, місцевих органів самоврядування, суб'єктів господарської діяльності. Підставою для практичного здійснення заходів евакуації є фактичні показники стану наявної обстановки в районі надзвичайної ситуації та відповідне рішення на їх проведення. Управління (відділи) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення беруть участь у плануванні евакозаходів і всебічно сприяють підготовці евакуаційних органів до дій за призначенням.

Висновок: успіх у проведенні евакуації робітників та службовців підприємства приладобудівної галузі у разі надзвичайної ситуації як

техногенного, так і природного характеру, як у мирний, так і у воєнний час значною мірою залежить від організації евакуаційних заходів, справності транспортних засобів та засобів оповіщення, відповідного рівня навченості працівників служби ЦЗ та обізнаності працівників та службовців з правилами евакуації, виконання ними даних правил.

## 6 ЕКОЛОГІЯ

### 6.1 Методи переробки твердих неметалевих відходів

На даний час проблема поводження з твердими неметалевими відходами (далі – ТНВ) стоїть дуже гостро, оскільки продовжується накопичення відходів у промисловому секторі.

Склад ТНВ постійно ускладнюється, включаючи в себе дедалі більше екологічно небезпечних компонентів. Невелику частку від загальної маси ТПВ становлять небезпечні компоненти – відпрацьовані хімічні джерела струму (ВХДС), залишки пестицидів, фарб, люмінесцентні ртутновмісні лампи тощо.

З урахуванням санітарних вимог захисту населення у світовій практиці розроблені та використовуються такі схеми знезараження, переробки, утилізації та захоронення ТНВ:

- знезараження ТНВ шляхом його захоронення на полігонах (анаеробний процес);
- знезараження ТНВ шляхом компостування (аеробний процес);
- термічне знезараження шляхом спалювання;
- термічне знезараження шляхом прокалювання без доступу кисню (піроліз);
- знезараження ТНВ шляхом механічного подрібнення і подальшого капсулювання;
- знезараження ТНВ шляхом глибокого пресування.

У світовій практиці найбільшого поширення набули термічні методи утилізації ТНВ – спалювання, газифікування та піроліз.

Спалювання є найбільш технічно відпрацьованим серед усіх методів промислового перероблення ТНВ. Це контрольований процес окиснення твердих, рідких або газоподібних горючих відходів. При горінні утворюються діоксид вуглецю, вода й зола. Сірка та азот, що утримуються у відходах, утворюють при спалюванні різні оксиди, а хлор відновлюється до HCl.

Цей метод має свої переваги та недоліки. Так, до переваг належить можливість отримання електроенергії та тепла. Головним недоліком є те, що

під час роботи сміттєспалювальних заводів утворюються вторинні надзвичайно токсичні відходи, які потім разом із важкими металами потрапляють у навколишнє середовище з димовими газами, стічними водами і шлаком. Іншим недоліком сміттєспалювання є його низька економічність. Коефіцієнт використання теплової енергії не перевищує 65%. До того ж, для спалювання відходів застосовується значна кількість додаткового рідкого палива (до 265 л на 1 т відходів, які спалюються).

Піроліз – це процес розкладання органічних речовин без доступу кисню за порівняно низьких температур 450–800°C. Такий процес є енергетично вигіднішим, ніж просте спалювання. Результатом піролізу є отримання горючого газу і твердого залишку. Потім той та інший продукти без будь-якої додаткової обробки спалюються у печі. Частина піролізних газів після конденсації може бути виведена із системи і конвертована в рідке паливо. Альтернативою піролізу є процес газифікування, що відбувається аналогічно, але за температури 800–1300°C і наявності невеликої кількості повітря. У цьому разі отриманий газ являє собою суміш низькомолекулярних вуглеводнів, які потім згорають у печі. На жаль, екологічну ситуацію такий процес також не поліпшує, оскільки наявність повітря і наявність у смітті хлорорганічних сполук за високої температури призводить до інтенсивного утворення діоксинів, а солі важких металів із процесу не виводяться і потрапляють у навколишнє середовище.

Найбільш повна деструкція продуктів, що містяться в ТНВ, відбувається в процесі високотемпературного піролізу або газифікування за температури 1650–1930°C у розплаві мінеральної суміші з домішками металів або за температури до 1700°C у розплаві солей чи лугів за наявності каталізаторів (MSOP-технологія).

Зазначені способи забезпечують перероблення ТНВ практично будь-якого складу, тому що за такої температури повністю руйнуються всі діоксини, фурани і біфеніли. У результаті отримується синтез-газ – суміш водню, метану, чадного газу, діоксиду вуглецю, водяної пари, оксидів азоту і сірки та твердий залишок, який видаляється з реактора через спеціальну витіснювальну систему.

Синтез-газ після очищення від домішок можна використовувати безпосередньо як паливо, як сировину в хімічній промисловості або для синтезу рідких вуглеводнів (метанол, бензин).

Забезпеченню чистого навколишнього середовища сприяє також переробка вторинних ресурсів. Досить багато компонентів ТНВ можуть бути перероблені в корисні продукти.

Однак перевага вторинного використання перед знищенням діє не завжди. Так, матеріали передаються на вторинну переробку тільки в тому разі, якщо це можливо технічно, економічно та екологічно виправдано.

На підприємстві необхідно створити та розвивати єдину систему переробки відходів.

Складування ТНВ не тільки не вирішує проблеми, а ускладнює її, оскільки звалища – це потужні джерела біологічного забруднення та епідеміологічної небезпеки.

Найбільш ефективним способом знешкодження ТНВ є високотемпературне спалювання. Ця технологія відрізняється тим, що є майже повністю безвідходною, утилізує майже всі матеріали переробки; забезпечує ступінь очищення газів, що відповідає найсуворішим вимогам, виробляє значну кількість тепла, яке може бути використане, зокрема для проведення певних технологічних операцій та обігріву приміщень.

## 6.2 Енергозбереження та його роль у вирішенні екологічних питань

Сучасне суспільство постійно стикається з проблемами енергозбереження та екології. Відбувається регулярне підвищення цін на ресурси і погіршення екологічної обстановки. Залежність між екологією та енергозбереженням досить чітко простежується. Застосування енергозберігаючих технологій може призвести до зниження витрат на енергію, що робить позитивний вплив на

екологію. Екологічна обстановка важлива, оскільки всім необхідно дихати свіжим повітрям, вживати натуральні продукти і чисту воду. Сучасні досягнення цивілізації залишають слід на екології, оскільки всі вони приводять до споживання енергії. Теплові електростанції, що виробляють енергію для побутових приладів, завдають шкоди екології. Розумне використання енергії дозволить скоротити згубний вплив на екологічну обстановку. Якісно розроблений проект з електрозбереження дозволяє оптимізувати використання енергії. Тому енергозбереження впливає на екологію і суттєво економить кошти, оскільки рахунок за енергію забирає значну частину бюджету підприємства. Вибір на користь екологічних рішень дозволить знизити викиди і підвищить ефективність використання енергії.

На сьогоднішній день є кілька способів поліпшити енергозбереження, але до цього питання слід підійти відповідально, щоб відчутти дієвий ефект. Заміна лампочок розжарювання на енергозберігаючі лампи вирішить це питання. Має значення проектування мереж, оскільки дає можливість економити кошти і час на подальші проекти. Енергоефективність безпосередньо залежить від дій працівників та службовців підприємства. Застосування сучасної техніки і контроль використання ресурсів дозволить заощадити до сорока відсотків енергії. Використання ефективних технологій дозволить знизити вживання енергії, що вплине на вироблення обсягів енергії електростанціями і дозволить спалити менше обсягів газу. Це призведе до меншого викиду токсичних речовин в атмосферу і поліпшить екологічну обстановку. Якщо усвідомлено підійти до питання взаємодії екології та енергозбереження, то можна зробити екологію комфортною і чистою.

. При всій близькості поняття енергоефективності до поняття енергозбереження воно все-таки дещо ширше, ніж останнє. Справа в тому, що енергоефективність включає також заходи, які не дають прямої економії енергоресурсів, однак впливають у цілому на економічні показники при їх використанні. Наприклад, вдування вугільного пилу в доменну піч замість коксу не приводить до економії палива, зате заощаджує дефіцитний кокс; структурні зрушення в економіці можуть впливати на зменшення рівнів

споживання, однак до енергозберігаючих заходів їх можна віднести лише умовно.

Використання альтернативних джерел енергії стає все більш популярним, особливо у світлі енергозберігаючих технологій. Сонячні батареї в сукупності з застосуванням вітрогенераторів, можуть виступати як в якості додаткового, так і основного джерела енергії, звільняючи таким чином споживача від гострої залежності в централізованих енергетичних мережах. Скорочується споживання інших видів палива та енергії.

Застосування енергозберігаючих матеріалів є практичною гарантією скорочення витрат на експлуатацію та обслуговування будь-яких об'єктів, раніше вимагали великих матеріальних витрат на енергообслуговування, в тому числі з теплоенергетики.

Підвищення енергоефективності у виробництві, вимагає добре продуманого і чіткого визначення конкретних цілей і методів їх досягнення, які можуть стати основою програми енергозбереження. Практична реалізація такої програми у великій мірі може знайти опору в прямій матеріальній вигоді між суб'єктами відносин. Порівняльні характеристики енергозберігаючих матеріалів дозволяють робити оптимальний вибір з урахуванням необхідних властивостей і якостей при плануванні робіт з підвищення рівня енергозбереження об'єктів.

На даний час у зв'язку зі збільшенням вартості енергії скоріше за все є доцільним вжити заходів на підприємстві для збереження енергії не тільки з економічних, але і з екологічних міркувань, а саме:

- використовувати вторинні енергетичні ресурси – енергетичний потенціал продукції, відходів, побічних і проміжних продуктів, що утворюється в технологічних агрегатах (установках, процесах) і не використовується в самому агрегаті, але може бути частково або повністю використаний для енергопостачання інших агрегатів (процесів);
- застосовувати нетрадиційні і поновлювані джерела енергії – джерела, які постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії річок тощо;



- розробляти та впроваджувати технологічні процеси виготовлення деталей, що входять в даний пристрій, та складання самого пристрою таким чином, щоб зменшити енерговитрати на виготовлення пристрою в цілому;
- використовувати сучасне обладнання, яке є більш енергоефективним та екологічним, а тому також зменшує енерговитрати і дозволяє знизити шкідливий вплив на довкілля;
- при можливості уникати використання у виробництві екологічно шкідливих матеріалів
- запровадити строгий екологічний контроль на підприємстві відповідно до сучасних норм як національного, так і міжнародного законодавства

На підприємствах приладобудівної галузі (особливо великих) доцільніше використовувати спалювання відходів підприємства, так як вирішується проблема утилізації відходів, а енергія, що виділяється під час спалювання, може бути використана для опалювання виробничих приміщень.

Для енергозбереження необхідно не лише навчитися на практиці використовувати наявні вторинні ресурси, але і вжити всі можливі заходи, розробити нові сучасні технологічні процеси виробництва, для того, щоб знизити енергетичні витрати та зменшити негативний вплив на довкілля

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі магістра розроблена інформаційна система приладу для вимірювання товщини плівок з низько модульних матеріалів

Було спроектовано прилад для вимірювання товщини деталей з низькомодульних матеріалів (наприклад з поліетилену, поліаміду, гуми та інш.) використаний метод вимірювання, описаний в авторському свідоцтві SU 1601503. Прилад був автоматизованим. Також було розроблено технологію на виготовлення однієї із деталей приладу (тримач індикатора). Використання даного приладу дозволяє: полегшити процес вимірювання товщини деталей, так як результати обробляються програмою на ПК; збільшити точність вимірювання, оскільки пружна деформація низькомодульних матеріалів під дією вимірювального зусилля індентора може складати 20 - 50% вимірюваного розміру; збільшити різновид вимірювальних матеріалів застосовуючи механізм зрівноваження штока.

Під час проектних робіт опрацьовано наступні питання:

1. зроблено аналіз об'єкту вимірювання та патентний огляд по темі завдання;
2. розглянуто опис конструкції та принципи роботи даного приладу;
3. проведено розрахунки механізму для обертання столика, опис та розрахунок тензорезисторів;
4. зроблено аналіз і розрахунок моделі роботи крокового двигуна, змодельовано роботу електроприводу біполярного крокового двигуна як у кроковому, так і в пів кроковому режимах за допомогою програми Matlab з графічним оформленням результатів моделювання;
5. розроблено структурну функціональну схему керування приладом і здійснено вибір елементної бази електронного блоку вимірювання;

Результати роботи створять умови для покращення автоматизації вимірювання товщини плівок, зроблять точність роботи вищою.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Е.Я. Красковский, Ю.А. Дружинин, Е.М. Филатова. Расчет и конструирование механизмов пиборов и вычислительных систем. – М.: Высшая школа, 1991. – 414с.
2. Я.И. Кожевников, Я.М. Есипенко, С.М. Раскин. Механизмы. - М.: Высшая школа, 1960. – 672с.
3. В.И. Анурьев. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х Т. – М.: Машиностроение, 1971. –786с.
- 4 Навчально-налагоджувальний стенд ST841/CPLD (V4.1) / Паламар М.І.,  
5 Чайковський А.В., Пастернак Ю.В., Стрембіцький М.О. Паламар А.М. – Тернопіль: ТНТУ, 2011. – 53 с.
5. <http://chiplist.ru/chips/KR1816VE51/>
6. [https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADUC841\\_842\\_843.pdf](https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADUC841_842_843.pdf)
7. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2466.pdf>
8. <https://www.automationsystemsandcontrols.net.au/PDF's%20Autonics/proxi/PS%20Series%20Rectangular%20Proximity%20Sensors%20from%20ASC%20Ph%2003%209720%200211.pdf>
9. <http://www.autoniconline.com/image/pdf/PA10.pdf>