

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

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

приладів та контрольно-вимірювальних систем

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Інформаційно-вимірювальна система пристрою  
для перевірки індикаторних нутромірів**

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

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Гаєцька М. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Яворська М. І.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) Паламар М. І.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

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

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра приладів та контрольно-вимірювальних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Паламар М. І.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

«    »

20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістра  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гаєцькій Мар’яні Василівні  
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційно-вимірювальна система пристрою для перевірки індикаторних нутромірів

Керівник роботи Яворська М. І., кандидат технічних наук, доцент.  
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Розробка конструкції пристрою для перевірки індикаторних нутромірів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)  
Аналітична частина, основна частина, науково-дослідна частина, спеціальна частина, охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень, слайдів)

Презентація кваліфікаційної роботи магістра, що складається з наступних плакатів

Функціональна схема пристрою

Складальне креслення пристрою

Креслення електронної плати

Схема керування пристроєм

Електронна схема приладу

Модель графічна для виконання умов співвідношення

Модель графічна для умов збереження значення сигналу

Графік нечутливості приладу

Графік коефіцієнта чутливості

Графік області розподілу



## Зміст

### ВСТУП

### 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

- 1.1 Аналіз розглядуваного питання
- 1.2 Аналіз вимірюваного об'єкту
- 1.3 Методи повірки і прилади для вимірювання
- 1.4 Повірочні засоби та матеріали
- 1.5 Безпекові вимоги
- 1.6 Вимоги до повірки та підготовка до повірки
- 1.7 Проведення повірки

### 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

- 2.1 Схема, за якою функціонує прилад
- 2.2 Розрахунок елементів схеми
  - 2.2.1 Розрахунок двигуна електричного для подачі мікрометричної
  - 2.2.2 Розрахунок кінематичний
  - 2.2.3 Пружинний розрахунок механізму вибірки люфту
  - 2.2.4 Опис та розрахунок механізму затискного
- 2.3 Розрахунок похибок
- 2.4 Створення циклограми роботи

### 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

- 3.1 Оцінка похибки вимірювання і чутливості приладу
- 3.2 Моделювання точності стенду для повірки нутромірів
- 3.3 Залежність коефіцієнтів чутливості від робочих параметрів
- 3.4 Досліджування імовірнісного розподілу вимірюваних значень при рівномірному розподілі виставлених параметрів  $\Delta x$  і  $\Delta a$  в межах похибки
- 3.5 Застосування задачі мінімаксу для моделювання процесу прийняття оптимальних рішень

### 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

- 4.1 Постановка проблеми та аналіз вимог
- 4.2 Вимоги до параметрів пристрою
- 4.3 Опис роботи керування приладом та принципи дії

#### 4.4 Схеми принципів

4.4.1 Вибір бази елементів

4.4.2 Вибір індикаційного блоку

4.4.3 Вибір елементів блоку

4.4.4 Моделювання роботи вузлів

4.4.5 Блок - схема алгоритму

#### 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

## РЕФЕРАТ

ТЕМА: Розробка пристрою для повірки індикаторних нутромірів.

МЕТА РОБОТИ: Розробити пристрій для повірки індикаторних нутромірів і автоматизувати його.

Пристрій для повірки індикаторних нутромірів є автоматизованим, що дозволяє швидко і точно здійснити повірку нутроміра (допустима похибка повірки складає 1,2 мкм).

Перелік ключових слів:

НУТРОМІР ІНДИКАТОРНИЙ, ПОВІРКА, МЕХАНІЗМ, ЦИКЛОГРАМА

## ВСТУП

Приладобудуванням називають галузь машинобудівну, що виготовляє вимірювальні, аналітичні, інформаційні, контрольні прилади, автоматизовані та автоматичні системи керування. Також цим терміном називають одну із галузей науки і техніки, де проводиться розробка засобів автоматизації та систем керування. Основним досягненням у приладобудуванні є виробництво приладів для вимірювання, як на основі механіки так і електрики. Прилади містять високоточні компоненти.

Прилади для вимірювання посідають одне із найважливіших місць за кількістю обсягів та різновидів у сфері виготовлення інструментів. Розроблено різноманітні прилади та методи для вимірювання значень механічних, оптичних, електричних, теплових, магнітних, радіаційних величин.

Основним напрямком виробництва сучасних приладів є виробництво приладів для контролю та вимірювання, а також виробництво стендів різних для перевірки приладів вимірювання.

Темою даної кваліфікаційної роботи магістра є «Інформаційно-вимірювальна система пристрою для перевірки індикаторних нутромірів».

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз розглядуваного питання

Нутроміри індикаторного типу широко використовують для того, щоб контролювати точні отвори (розглядаються квалітети від 5 до 8) під час виготовлення та у разі експлуатації. Основні переваги полягають у тому, що вони можуть виміряти фактичний розмір отворів великої довжини та їх відхилення від відповідної форми геометричної (мається на увазі овальна, вирізана, конічна, бочкоподібна, тонка форма).

Нутроміри індикаторного типу класифікуються як пристрої важільно-зубчасті, так як вони інтегрують в собі систему зубчасту стандартного приладу, який вимірює показники нутроміра, та систему важелів вимірювальної трубки.

Залежно від кількості наконечників для вимірювання нутроміри поділяють на прилади з двома-, трьома та чотирма контактами. Нутроміри з чотирма контактами (згідно з ГОСТ 9244-59) мають два наконечники мобільні і два наконечники нерухомі. До найбільш поширених в промисловості належать нутроміри з двома контактами (згідно з ГОСТ 868-63) з діапазоном вимірювальним від 6 до 1000 мм.

Нутромір володіє набором заглушок змінних різного діаметра та упор, який гарантує правильне встановлення нутроміра, якщо виріб має площину яка є перпендикулярною до осі отвору.

### 1.2 Аналіз вимірюваного об'єкту

Нутроміри призначують для того, щоб проводити вимірювання розміри внутрішніх. Технічні базові характеристики для деяких типів нутромірів включені у таблиці 1 та 2.



Таблиця 1 - Технічні базові характеристики для деяких типів нутромірів

Тип нутроміра	Діапазон виміру, мм	Вимірювальне зусилля, Н				Найменше переміщення вимірювального стрижня, мм, для нутромірів з ціною поділки (дискретність відліку), мм			
		нутроміра з ціною поділки (дискретність відліку), мм		центруючого містка нутроміра з ціною поділки (дискретність відліку), мм					
		0,01	0,001/ 0,002	0,01	0,001/ 0,002	0,01	0,001/ 0,002		
НИ-3-4	3-4	1,0-3,0		-		-			
НИ -4-6	4-6								
НИ -6-10	6-10	2,5-4,5	2,5-3,5	5,0-8,5	4,2-6,0	0,6			
НИ -10-18	10-18					0,8	0,7		
НИ -18-35	18-35				1,5	5,0-9,5	-	-	-
НИ -35-50	35-50								
НИ -18-50	18-50								
НИ -50-100	50-100								
НИ -50-160	50-160				5,0-9,0	9,5-16,0	2,4	-	1,0
НИ -100-250	100-250								
НИ -160-250	160-250								
НИ -250-450	250-450								
НИ -250-600	250-600								
НИ -250-800	250-800								

Таблиця 2 - Межі похибки приладів для вимірювання (прийнятні) із значенням ціни поділки 0,01 мм

Діапазон виміру, мм	Межа похибки, що допускається, мм						
	на будь-якій ділянці діапазону вимірів				при переміщенні вимірювального стрижня на величину нормованого найменшого значення		
	в 0,1 мм		в 1,0 мм		1 клас точності	2 клас точності	
	1 клас точності і	2 клас точності	1 клас точності	2 клас точності			
3-4; 4-6; 6-10; 10-18	± 0,005	± 0,008	-	-	± 0,008	± 0,012	
18-35; 18-50; 35-50			± 0,010	± 0,012	± 0,012	± 0,015	
50-100 50-160 100-250 160-250	-	-			± 0,010	± 0,012	± 0,015
250-450			± 0,014	-			± 0,022
250-600 250-800			± 0,016				± 0,024

Пристрій для зчитування відліків нутромірів індикаторних 0,01 мм, 0,001 мм і 0,002 мм, що належить до нутромірів, не є окремим вимірювальним приладом і використовується лише як пристрій для зчитування.

Границя для похибки нутроміра та із значенням ціни поділки 0,01 мм, що вказується не дуже точним положенням моста для центрування, не мають бути вищими за 1/3 значення поділки на шкалі пристрою для зчитування відліків.

Межі похибок нутроміра зі значенням ціни поділки 0,01 мм, що вказується не дуже точним положенням моста для центрування, не має бути вищою за 1/3 ціни поділки пристрою для відліку.

Період корекції (проміжне калібрування) - 1 рік.

### 1.3 Методи повірки і прилади для вимірювання

Під час повірки необхідно виконати операції, що є наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 - Повірка приладів

Найменування операції	Пункт методики	Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) вживані при перевірці	Обов'язковість операції перевірки при	
			випуску з виробництва і ремонту	експлуатації
Визначення умов проведення перевірки	5.1	Гігрометр психрометричний ВИТ-1 по ТУ 25-1.1645; барометр-анероїд БАММ по ТУ 2504-1797	так	так
Зовнішній огляд	6.1	Візуально, без застосування ЗВТ	так	так
Випробування	6.2	Візуально, без застосування ЗВТ	так	так
Визначення шорсткості вимірювальних поверхонь нутроміра і опорних поверхонь центруючого містка	6.3	Зразки шорсткості поверхні Ra 0,16 мкм і Ra 0,63 мкм по ГОСТ 9378	так	ні
Визначення радіусу сфери вимірювальних поверхонь стержнів нутроміра	6.4	Шаблони радіусні граничні (додаток 1 МИ 2194)	так	ні
Визначення діапазону виміру нутроміра і діапазону переміщення вимірювального стержня	6.5	Мікрометри типу МК з діапазоном виміру від 1 мм до 900 мм по ТУ У 33.2-30291682-002-2004; мікрометри типу МК від 1мм до 600 мм по ГОСТ 6507; індикатор по ГОСТ 577 або по ГОСТ 9696; кільця по ГОСТ 14865 клас точності 5	так	ні

Продовження таблиці 3.

Найменування операції	Пункт методики	Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) вживані при перевірці	Обов'язковість операції перевірки при	
			випуску з виробництва і ремонту	експлуатації
Визначення вимірювального зусилля і зусилля центруючого містка	6.6	Ваги циферблати по ГОСТ 23676 з ц.п. 5 г; стійка С-ІІ по ГОСТ 10197; спеціальна прокладка (додаток 2 МИ 2194); набір гирь Г-4-1110 по ГОСТ 7328; прилад для визначення вимірювального зусилля нутромірів БВ-9025	так	так
Контроль метрологічних характеристик	6.7			
Контроль абсолютної похибки нутроміра	6.7.1	Пристосування з мікрометричною головкою типу МГ клас точності 1 по ГОСТ 6507; кільця еталонні по ТУ 2.034.45	так	так
Контроль похибки нутроміра, що вноситься неточним розташуванням центруючого містка	6.7.2	Міри довжини кінцеві плоскопаралельні 2 клас точності по ГОСТ 9038 і 3 розряди по МИ 1604; приналежності до кінцевих мір довжини по ГОСТ 4119; оптиметр горизонтальний ИКГ-3 по ГОСТ 5405; машина вимірник типу ИЗМ по ТУ 3-3.1045; кільця (додаток 3 МИ 2194); мікроскоп інструментальний по ГОСТ 8074; мікроскоп універсальний типа УИМ по ГОСТ 14968; кільця еталонні по ТУ 2.034.45; кільця (додаток 1 і 2 МИ2193)	так	так

### Закінчення таблиці 3

Найменування операції	Пункт методики	Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) вживані при перевірці	Обов'язковість операції перевірки при	
			випуску з виробництва і ремонту	експлуатації
Контроль розмаху показів	6.7.3	Пристосування з мікрометричною голівкою типу МГ клас точності 1 по ГОСТ 6507; кільця еталонні по ТУ 2.034.45	так	так

#### 1.4 Повірочні засоби та матеріали

Вимірювальне обладнання (ЗВТ) та використані матеріали, зазначені в таблиці 3, повинні використовуватися для повірки:

- бензин згідно з ДСТУ 1012;
- бавовняний матеріал.

Ця ЗВТ може бути замінена іншими типами ЗВТ, які мають такі ж або кращі характеристики метрологічні.

Об'єкти ЗВТ, які використовуються при повірці, повинні бути затверджені відповідно до вимог ДСТУ 2708, ДСТУ 3215 і мають дійсний ремонтний штамп або дійсний сертифікат(и) на ремонт.

#### 1.5 Безпекові вимоги

При повірці нутромірів необхідно дотримуватися загальних інструкцій з охорони праці згідно з ДСТУ 12.2.003.

Вимоги до освітлення повинні відповідати нормам, викладеним у БНіП П-4-99 «Будівельні норми і правила. Природне і штучне освітлення. Норми проектування».

Під час підготовки до поревірки слід застосовувати правила протипожежної безпеки при роботі з пожежонебезпечним обладнанням, таким

як бензин, що використовується для миття внутрішніх вимірювальних поверхонь та для повірки ЗВТ.

#### 1.6 Вимоги до повірки та підготовка до повірки

Температура повітря в приміщенні повинна бути такою, як показано в таблиці 4.

Таблиця 4 – Режими температурні

Ціна поділки відлікового пристрою нутроміра, мм	Діапазон виміру нутроміра, мм	Температура повітря в приміщенні °С
0,01	від 3 до 800	$20 \pm 5$
0,001/0,002	від 3 до 18	$20 \pm 4$
	від 18 до 50	$20 \pm 3$
	від 50 до 250	$20 \pm 2$
	від 250 до 800	$20 \pm 1$

При температурі  $+25$  °С відносна вологість не повинна перевищувати 80%.

Значення тиску атмосферного становить від 84,0 кПа до 106,4 кПа.

До початку повірки нутроміри та ЗВТ, які використовуються під час повірки, повинні діяти відповідно до експлуатаційних документів і підтримуватися в робочому стані:

- не менше трьох годин для нутромірів з вимірювальними межами від 3 мм до 50 мм;

- не менше п'яти годин для нутромірів з вимірювальними межами від 50 мм до 800 мм;

Поверхні випробувальні та ЗВТ, що використовуються для повірки, необхідно промити змоченою бензином тканиною для видалення масла протикорозійного, а потім витерті чистою тканиною з бавовни.

## 1.7 Проведення повірки

Нутромір повинен бути приведений відповідно до встановленого у розділах експлуатаційних документів стану комплектації.

Зовнішній контроль повинен вказати на:

(а) наявність торгової марки виробника, серійного номера та позначення року випуску;

(б) відсутність слідів корозії та дефектів іншого типу на вимірювальному приладі та інших поверхнях нутроміра, що впливають на їх роботу;

(в) у разі відсутності роботи нутроміра зчитувального пристрою відліковий елемент повинен бути на:

- для вимірювань нутромірів із значенням ціни поділки 0,01 мм не менше 10 поділок на лівому напрямку від осі стержня для вимірювання;

- для вимірювань з нутромірів із значенням ціни поділки 0,001 мм і 0,002 мм - не менше 2 мм від останнього штриха з цифрами (для засобу відліку зубчатого типу важільного) або з лівого боку приладу відносно напрямку до осі стержня виміру (для пристрою відліку з багатьма оборотами).

Повірка при випробуваннях:

- можливість ручного розміщення регульованих вимірювальних пристроїв на корпусі і надійність приєднання кріплення, підключеного до приладу в потрібному положенні;

- надійне приєднання на корпусі пристрою для вимірювання;

- регулярне і рівномірне переміщення мобільного вимірювального приладу, кульок, містка для центрування, стрілочного вимірювального пристрою в нутромірі;

- можливість встановити відліковий прилад вимірювального приладу з нульовим покажчиком на шкалі.

Повірка вимірювання при наявності у нутроміра цифрового пристрою відліку:

- відображення якості цифрового зчитувача - повинна бути чітка індикація, без прогалин та заповненою рівно;

- відсутність похибок у відображенні дисплею, перешкод або спотворення показань;

Кнопки керування на цифровому пристрою відліку працюють згідно з інструкціями з експлуатації приладу.

Труднощі вимірювання поверхонь опорних моста для центрування та поверхонь нутроміра для вимірювань візуально вказують на порівняння відносно шаблонів шорсткості поверхні. Значення параметрів шорсткості Ra для поверхонь, що вимірюються не повинен перевищувати 0,16 мкм, для поверхонь опорних моста для центрування - 0,63 мкм.

Визначається радіус для сфери на поверхнях стержня вимірювання для нутроміра відповідно до граничних зразків радіусів. Радіуси сфери необхідно порівняти з наведеними в таблиці 5.

Таблиця 5 – Граничні зразки радіусів

Діапазон виміру, мм	От 3 до 18	От 18 до 50	От 50 до 100	От 100 до 800
Радіус сфери не більше, мм	3	8	22	40

Визначення меж вимірювання нутроміра та меж зміни положення стержня для вимірювання. Зміни положення стержня для вимірювання при ціні поділки 0,01 мм безпосередньо визначається згідно шкали пристрою нутроміра для вимірювання.

Зміни положення стержня для вимірювання при ціні поділки 0,001 мм та 0,002 мм безпосередньо на шкалу пристрою відліку з багатьма оборотами (якщо він використовується як лічильник) або для засобу відліку зубчатого типу важільного, який використовується як лічильний пристрій.

Мінімальне переміщення стержня для вимірювань повинно бути відповідним до вимог таблиці 1.

Для нутромірів, вироблених після ремонту, допустимо зменшувати розмір зміни положення стержня згідно з таблицею 6.



Таблиця 6 – Граничні переміщення стержня

Діапазон виміру нутроміра, мм	3-4; 4-6; 6-10	10-18	18-50	50-160; 100-250; 160-250; 250-450; 250-600; 250-800
Найменше переміщення вимірювального стержня, мм	0,5	0,6	1,2	2,2

Межі вимірювання визначають мікрометрами чи кільцями.

Для вимірювань зі значенням ціни поділки 0,001 мм та 0,002 мм, для вимірювань без моста для центрування, перевіряються для кожного запису вимірювання межі вимірювання.

Для вимірювань з мостом для центрування зі значенням ціни поділки 0,01 мм, 0,001 мм та 0,002 мм проводять повірку верхньої та нижньої меж вимірювання мікрометрами чи кільцем.

На кільці, розмір якого контролюється межею вимірювальної лінії (або на мікрометрі, що встановлюють по такому самому розміру), відбувається встановлення на нуль нутроміра. Після того відбувається вилучення з контакту з кільцем (мікрометром) приладу вимірювального (мікрометра).

Крім того тоді, коли перевіряють верхню межу вимірювальної лінії, при чому відхилення стрілки приладу відліку необхідно збільшувати з кроком щонайменше 0,05 мм для нутромірів зі значенням ціни поділки 0,001 мм та 0,002 мм і не менше 0,15 мм для нутромірів із значенням ціни поділки від до 0,01 мм.

Тоді, коли перевіряють верхню межу лінії вимірювання, слід зробити натиск на стержень вимірювальний нутроміра.

Для вимірювань із значенням ціни поділки 0,001 мм і 0,002 мм переміщення відлікової стрілки не менше 0,15 мм та для вимірювань із значенням ціни поділки 0,01 мм переміщення відлікової стрілки не менше 0,05 мм.

Визначення сили вимірювання нутромірів здійснюється при ціні поділки 0,001 мм та 0,002 мм без моста для центрування здійснюють приладом БВ-9025 згідно методу, визначеного для пристрою в експлуатаційних документах.

Сила вимірювання нутромірів вимірюється при ціні поділки 0,01 мм, 0,001 мм і 0,002 мм із містком для центрування шляхом використання циферблатних ваг. Для цього слід встановити нутромір в підставці, перенести стержень вимірювальний і міст в неактивному стані на ваги і зробити натиск, змістивши кронштейн стійки з встановленим нутроміром. Треба почати зняття показів вимірювальних приладів до лічильника балансу, тоді коли почнеться рух стрілки пристрою відліку або почнеться відлік на цифровому лічильнику. Аналогічні покази знаходяться в середині і в кінці області зчитування пристрою зчитування або в середині і в кінці області зчитування цифрового пристрою.

Силу на мосту для центрування нутроміра вимірюють подібно шляхом ваг настільних за змінами напрямків мосту для центрування, в межах робочого ходу. Щоб не поставити під загрозу надійність секції та вимірювальної платформи, міст розміщують на двох кінцевих мірах довжини однакового розміру або із заданою довжиною.

Більшість значень, досягнутих для вимірювання в нутромірі та зусилля мосту для центрування, повинні відповідати вимогам таблиці 1.

Повірка значення похибки абсолютної нутроміра з роздільною здатністю 0,01 мм, здійснюється на пристрої з головкою мікрометричною під час порівняння даних нутроміра з показаннями мікрометра.

Перед тим, як здійснити повірку нутроміра, слід визначити похибку головки мікрометричної у межах, що відповідають мінімальній зміні положення стержня для вимірювання (не менше) і влаштовують використання цієї ділянки головки мікрометричної при виявленні похибки нутроміра. Максимальна різниця похибки головки мікрометричної не повинна перевищувати 1,5 мкм у будь-якій точці.

Зчитувач необхідно встановити до упору в стандартний корпус.

Пристрій для вимірювання встановлюється в прилад таким чином, щоб вимірювальний пристрій був на одній осі з гвинтом головки мікрометричної. У вихідному положенні стержень вимірювальний зміщують щонайменше на 0,05 мм.

Стрілку на пристрої для вимірювання можна використовувати шляхом встановлення індикатора до нуля або встановлюють кнопкою регулювання вручну на панелі нутроміра, щоб встановити правильні показання відлікового пристрою. Згідно з таблицею 7 вибираємо інтервал зміни положення головки мікрометричної та проводять відлік згідно шкали пристрою для відліку за умов ходу прямого стержня вимірювального в нутромірі.

Таблиця 7 – Межі вимірювань нутроміра

Межі вимірів нутроміра	Інтервали, через які проводять визначення похибки, мм		
	в межах переміщення вимірювального стержня	на будь-якій ділянці в 1 мм	на будь-якій ділянці в 0,1 мм
3-4; 4-6	0,05	-	-
6-10; 10-18	0,05	-	0,02
18-35; 18-50; 35-50	0,1	0,1	0,02
50-100; 50-160; 100-250; 160-250	0,3	0,1	-
250-450; 250-600; 250-800	0,3	0,1	-

Вимірювані ділянки, де виявляють похибку від 1 мм до 0,1 мм, вибираються відповідно до результатів виявлення похибок вимірювань у всьому діапазоні вимірювань. У цих ділянках, де розглядають значення зміни положень 1 мм та 0,1 мм, алгебраїчна різниця максимальна в результатах показів повинна бути найбільшою відхиленням відносно ділянок інших.

Похибка абсолютна нутроміра контролюється еталонними кільцями зі значеннями ціни поділки 0,001 мм та 0,002 мм, параметри наведені в таблиці. 8.

Таблиця 8 - Контроль згідно кілець еталонних

Контрольований діапазон виміру нутроміра	Номинальні діаметри еталонних кілець для контролю, мм	
	абсолютна похибка нутроміра	похибки центруючого містка
від 3 до 3,3 св. 3,3 до 3,6	3,3; 3,25; 3,27; 3,33; 3,35	3,3
від 3,6 до 4,3 св. 4,3 до 5,1	4,3; 4,25; 4,27; 4,33; 4,35	4,3
від 5,1 до 6,0 св. 6,0 до 7,0	6; 5,95; 5,97; 6,03; 6,05	6,0
від 7,0 до 8,3 св. 8,3 до 10,0	8,3; 8,25; 8,27; 8,33; 8,35	8,3
від 10,0 до 12,0 св. 12,0 до 14,5	12,0; 11,90; 11,93; 11,95; 12,05; 12,07; 12,10	12,0
від 14,5 до 18,0	18,0; 17,90; 17,93; 17,95; 18,05; 18,07; 18,10	18,0
св. 18,0 до 50,0		30,0; 50,0
від 50,0 до 100,0	100,00; 99,90; 99,95; 100,05; 100,10	50,0; 100,0
від 100,0 до 160,0		100,0; 160,0
від 160,0 до 250,0	160,00; 159,90; 159,95; 160,05; 160,10	160,0; 250,0
від 250 до 450	-	250
від 250 до 600	-	250
від 250 до 800	-	250

Контроль нутромірів без містка для центрування роблять із кожним вставним елементом, нутромірів з містком для центрування роблять із вставними елементами, , що відповідають розмірам кілець описаними в таблиці 8.

Похибка нутроміра зі значенням ціни поділки 0,001 мм та 0,002 мм, визначена не дуже точним положенням моста для центрування, повинна перевірятися одним із наступних способів:

- з використанням кілець еталонних, параметри яких наведено в таблиці 8;

- з використанням кілець того ж розміру, що і блоки кінцевої довжини;
- з використанням кілець з виступами або кілець еталонних з розтрубами для від'єднання кульок центрових.

Вимірювання похибки через не дуже точне розташування моста для центрування за допомогою кілець еталонних розміщених по значенню нуля в його робочій частині і в тій же частині під час відключення моста.

Вимірювання похибки через розміщення не дуже точне містка для центрування, з використанням кілець еталонних та блоків кінцевих мір довжини відбувається через встановлення на стан нульовий відносно кільцю у його частині робочій при містку у робочому стані та з вимірюванні такого ж розміру відносно блоку кінцевих мір довжини при містку у робочому стані.

Різниця між розмірами еталонного кільця та блоками довжини кінцевих мір повинна бути визначена із точністю для кілець не більше  $\pm 0,3$  мкм у випадку кілець до 10 мм, та  $\pm 0,3$  мкм у випадку кілець довжиною більше 10 мм.

Вимірювання похибки через не дуже точне розташування моста для центрування можна здійснити з використанням кілець з виступами або кілець еталонних з виїмками для від'єднання кульок центрових, кільце встановлюють в нуль у робочій частині та в процесі вимірюється відносно виступів з від'єднаними кульками центровими.

Різниця між виміряними значеннями при від'єданому мосту для центрування та встановленому на нуль мосту для центрування вказує на похибку мосту для центрування.

Роблять три встановлення нутроміра відносно кільця чи кільця та блоку кінцевих мір довжини із плоскими паралельними сторонами, щоразу роблячи обчислення похибки мосту для центрування. Здійснюють обчислення значення середнього арифметичного, що має бути відповідним до вимог таблиці 2.

Межі різниці похибок зі значенням ціни поділок 0,01 мм слід контролювати за допомогою головки мікрометричної. Для цього 10 разів поміщують головки мікрометричної в одну і ту саме позицію, щоразу роблячи

підведення гвинта з одного боку та роблячи зняття показів згідно шкали приладу для відліку.

Межі різниці – це різниця між найбільшим і найменшим значенням на шкалі нутроміра.

Значення меж різниці не повинна бути вищі за зазначені в 1.3.

Межі різниці показань нутромірів при ціні поділок 0,001 мм та 0,002 мм визначаються у якості різниць між більшими і меншими вимірювань, коли виміряно 10 разів одне й те саме кільце на одній ділянці.

Для нутромірів без мосту для центрування межі різниці похибок вимірюються для кожного змінного елемента вставного, а для нутромірів без мосту для центрування вимірюються з кожним змінним елементом вставним.

Значення нутроміра поміщають на значення нульове на кільці зразковому, перший розмір якого вказаний у певному рядку таблиці 8.

Межі різниці похибок порівнюють із значеннями, наведеними в таблиці 2.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Схема, за якою функціонує прилад

Складено пристрій з основної частини 1, відносно якої закріплено каретку 2, здатну пересуватися як вертикально, так горизонтально. Каретка рухається за допомогою двигунів крокових 3. Каретки для установки 5 містяться на головній каретці, до якої призми 6 приєднуються. Каретки для установки мають здатність переміщення горизонтального у площині ліворуч та праворуч при використанні двигуна крокового 3.

Нутромір підключається до основної частини 1 за допомогою механізму затискного.

Робота приладу відбувається так:

При перевірці двигуна крокового 3 визначаються необхідні вимірювальні межі, які визначені розташуванням середнім призми 6. Серія вимірювань наконечниками для вимірювань утворює кут  $\alpha$  в поєднанні з призмами 6.

Потім кроковий двигун 3 зміщує каретку 2 вкупі із каретками для установки та призмами на осі, яка збігається з бісектрисою кута- $\alpha$ . Це визначає значення  $\Delta u$ , тобто величина відстані між призмами 6. Співвідношення між значенням  $\Delta u$  та значенням зміщення за віссю  $\Delta x$  дорівнюватиме:

Порівняння зміни положення двигуна крокового та індикації вимірювального приладу визначає основну похибку приладу, тобто нутроміра.

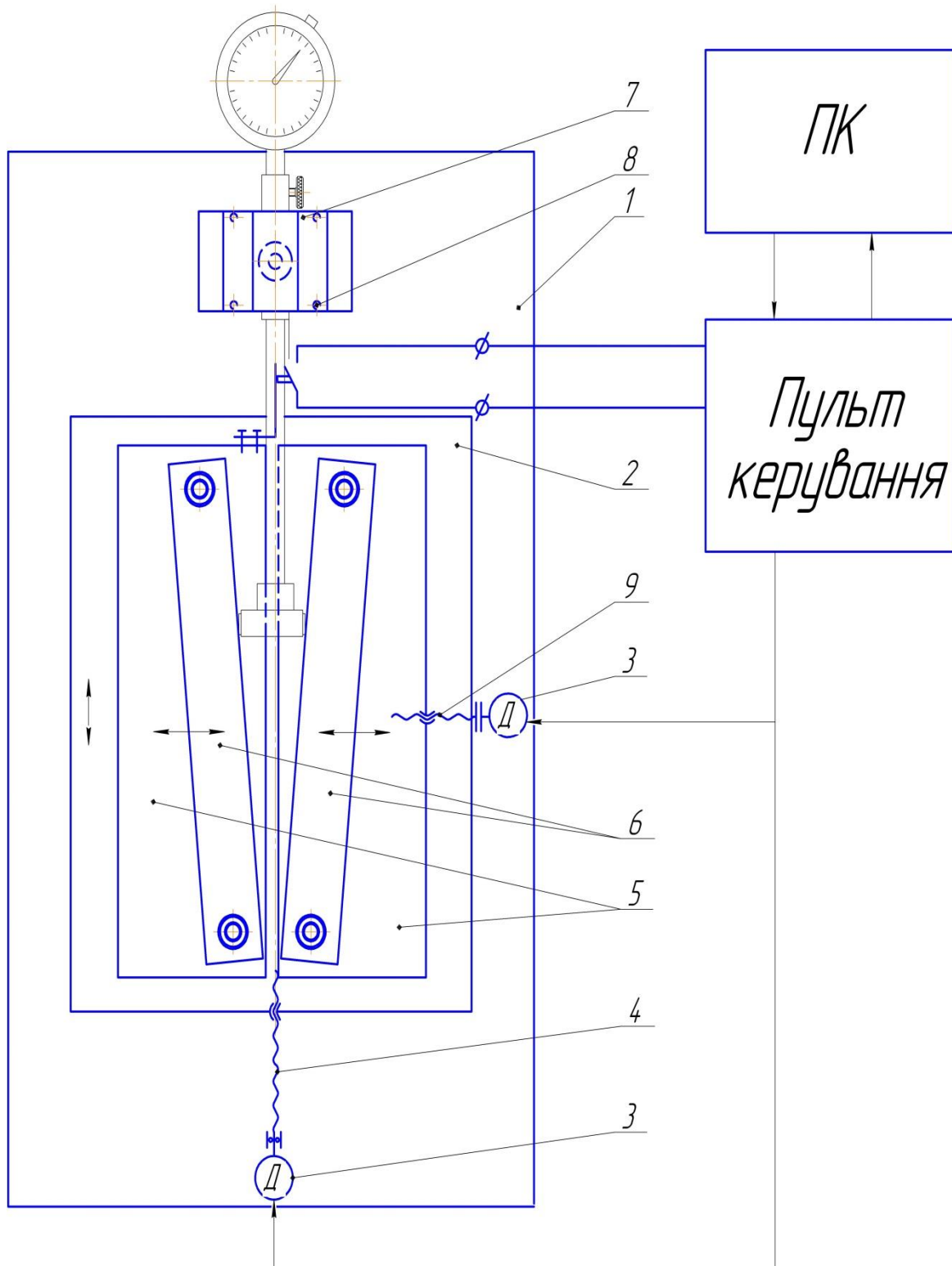


Рисунок 2.1 - Схема, за якою функціонує прилад

## 2.2 Розрахунок елементів схеми

### 2.2.1 Розрахунок двигуна електричного для подачі мікрометричної

Значення моменту на гвинті подачі попередньої рахуємо згідно формули:

$$M = 0.5d_2Ttg(\gamma + \varphi),$$



де  $d_2$  – значення діаметру різьби середнє;  $T$  — сила на осі;  $\gamma$  - кут місця спіралі гвинтової;  $\varphi$  – кут тертя ковзання у різьбі.

Сила на осі буде рівна:

$$T = P \cos \alpha = \cos \alpha \cdot mg = 3 \cdot 9.8 \cdot \cos 45^\circ = 20.8 \text{ Н}$$

Вага гвинта мікрометричного разом із каретками, напрямною та призмою становить 3 кг. Кут  $\gamma$ , на який трапецієвидна різьба піднімається, визначити можна за формулою:

$$\text{tg } \gamma = \frac{zS}{\pi d_2},$$

де  $z$  - кількість витків різьби;  $S$  – крок різьби.

$$\gamma = \arctg \frac{zS}{\pi d_2};$$

Даний кут тертя дорівнює:

$$\gamma = \arctg \frac{1 \cdot 0.4}{3.14 \cdot 11.8} = 6.41^\circ;$$

$$\varphi = \arctg \left( \frac{0.1}{\cos 15} \right) = 5.91^\circ;$$

$$M = 0.5 \cdot 11.8 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 20.8 \cdot \text{tg}(6.41 + 5.91) = 0.026 \text{ Нм.}$$

Слід прийняти електродвигун кроковий серії 2ДШР60-0,06-1,8 М4982 УХЛ4 ТУ16-88 ИАРК.522414.003 ТУ.

Момент крутний 0,06 Нм на валу двигуна.

## 2.2.2 Розрахунок кінематичний

Зміну положення каретки по відношенню до стійки можна визначити за цією формулою:

$$L = \frac{zS\alpha}{360^{\circ}},$$

де  $\alpha$  - кут повороту двигуна.

Зміна положення для мікрометра:

$$L = \frac{1 \cdot 0.4 \cdot 1.8}{360} = 0.002 \text{ мм}$$

### 2.2.3 Пружинний розрахунок механізму вибірки люфту

Здійснюємо пружинний розрахунок механізму вибірки люфту. При виготовленні пружин із дроту пружного марки 65Г III класу  $d = 1-1,5$  мм підбирають межу міцності по стиску для дротів  $\sigma_B = 1650$  МПа. В такому разі напруга допустима у витках в свою чергу дорівнюватиме:

$$[\tau] = 0.5\sigma_B K_L = 0.5 \cdot 1650 \cdot 0.8 = 660 \text{ МПа},$$

де  $K_L$  – коефіцієнт довговічності пружини.

Зробивши вибір індексу для пружини  $C' = 7$ , можна зробити визначення коефіцієнта кривизни пружини:

$$K' = 1 + 1.4/C' = 1 + 1.4/7 = 1.2$$

Отже, діаметр, потрібний для того, щоб виготовити пружину:

$$d = \sqrt{8FK'C'/\pi[\tau]} = \sqrt{8 \cdot 20.8 \cdot 1.2 \cdot 7 / 3.14 \cdot 660} = 0.82 \text{ мм}$$

Ми приймемо стандартний пружинний дріт діаметром  $d = 1$  мм. Тоді індекс реальний для пружини буде рівний  $C = D/d = 8/1 = 8$ , де  $D$  — індекс пружини середній.

Навантаження напруги розрахункової на пружинних витках, виміряними при максимальному навантаженні  $F_{sp} = 1.1F = 1.1 \cdot 20.8 \approx 23 \text{ Н}$ :

$$\tau = 8F_{sp}DK/\pi d^3 = 8 \cdot 23 \cdot 8 \cdot 1.175 / 3.14 \cdot 1^3 = 550.8 \text{ МПа} < [\tau] = 660 \text{ МПа}$$

$$K = 1 + 1,4/C = 1 + 1,4/8 = 1,175$$

Кількість витків пружинних робочих для деформованого стану  $\lambda = 6$  мм дорівнює:

$$i = Gd^4 \lambda / 8FD^3 = 8 \cdot 10^4 \cdot 1^4 \cdot 6 / 8 \cdot 20,8 \cdot 8^3 \cong 5$$

$G = 8 \cdot 10^4$  МПа є модулем пружності для сталевих виробів за умов зсуву.

Кількість загальна пружинних витків  $i_0 = i + 2 = 5 + 2 = 7$ .

Максимальне навантаження на вісь  $F = 20,8$  Н. Зазор найменший між витками:

$$\Delta = 0,2\lambda/i = 0,2 \cdot 6/5 = 0,24 \text{ мм}$$

Крок витків пружини в розвантаженому стані:

$$h = \lambda/i + d + \Delta = 6/5 + 1 + 0,24 = 2,44 \text{ мм}$$

Довжина пружини, що стискається повністю:

$$H_{\text{сп}} = (i_0 - 0,5)d = (7 - 0,5) \cdot 1 = 6,5 \text{ мм}$$

Довжина пружини, що не навантажується:

$$H_0 = H_{\text{сп}} + i(h - d) = 6,5 + 5 \cdot (2,44 - 1) = 13,7 \text{ мм}$$

## 2.2.4 Опис та розрахунок механізму затискного

Складено пристрій з основної частини 1, в якій втягнуті напрямні 2, на якій закріплена верхня нерухома пластина 3 і регульована пластина 4.

У рухомій пластині 3 і в основній частині 1 закріплені гвинти спеціальні, що кріплять пружину 9.

Покладки з гуми 6 встановлені на нерухомій та регульованій пластинах для кращої корекції нутроміра, що контролюється.

З нижнього боку пластини регульованої 4 закручений гвинт спеціальний, необхідний для подальшого приєднання до магніту електричного 15 через вал 8 за допомогою шплінта 14.

Пластина стаціонарна 3, закріплена гайками 13 і 11 нерухомим чином. Магніт електричний з'єднаний із основною частиною за допомогою гайки 12.

Робота пристрою здійснюється так:

Магніт електричний 15 переміщує пластину рухому 3 на відстань 6 мм, розміщуючи вимірюваний нутромір між нерухомою та рухомою плитами, так що у механізм затискний подається лише ручка нутроміра.

Потім магніт електричний 15 випускає пластину рухому 3, та вимірювальний нутромір підтримують лише пружини. Даний механізм здійснює відпускання, щоб під час роботи магніту електричного не було магнітного поля, яке може робити вплив на повірку нутроміра

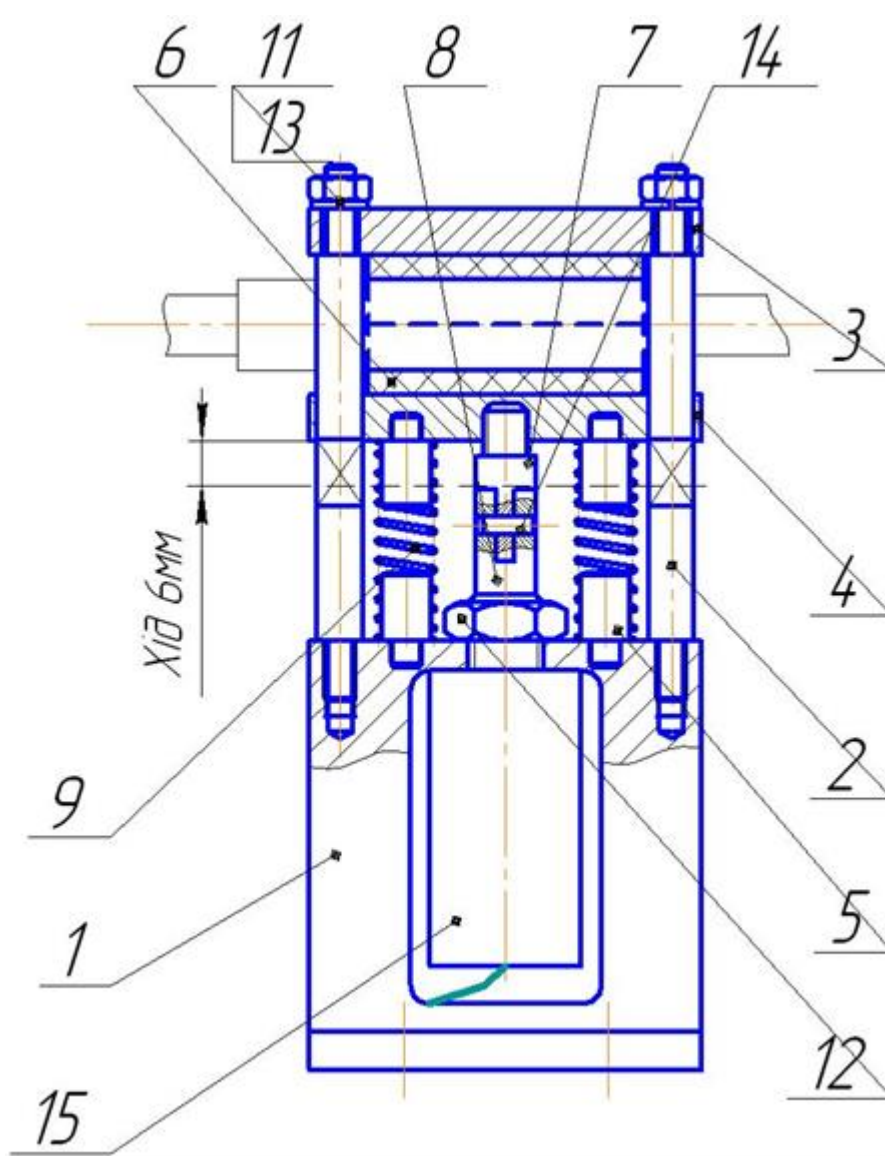


Рисунок 2.2 - Механізм затискний

Оскільки нутромір стиснений з обох сторін, сила виштовхування буде  $2P$ , тобто  $19H$ .

$$P = \frac{1H}{\operatorname{tg}5^{\circ}} = 9.5H.$$

Треба вибрати стискаючі пружини, що мають силу  $5H$  згідно ДСТУ 13766-86.

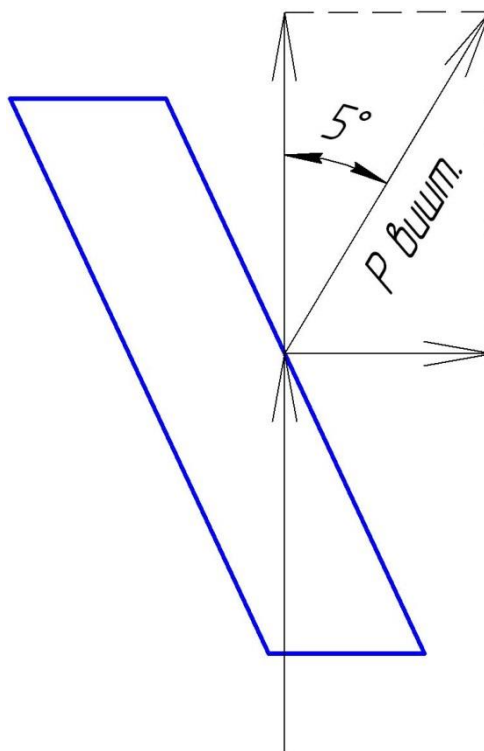


Рисунок 2.3 - Розподіл сил виштовхування

Потім треба вибрати магніт електричний, за допомогою якого можна забезпечити стиснення пружини.

Вибрали магніт електричний:	ITS-LZ 2672
Характеристики магніту електричного	ITS-LZ 2672
Тип магніту електричного	притягуючий
Напруга живлення	12В DC
Потужність	10 Вт
Вантажопідйомність	2.2кг
Сила затримки	0.78...22N
Хід штока	18мм
Вага	180г

Зовнішні розміри	Ø25 x 61мм
Макс.температура	130°C
Маса брутто:	0.19 kg



Рисунок 2.4 - Електромагніт ITS-LZ 2672

### 2.3 Розрахунок похибок

Існують похибки приладу при вимірюванні нутромірами індикаторними; термічна деформація; варіація показів; поєднання лінії вимірювання з діаметром у площині, що є перпендикулярною до осі отвору, і в площині осі; від встановлення нутроміра до заданого розміру; за рахунок шорсткості поверхні вимірюваного розміру.

Похибки температури нутромір визначається відповідно до рекомендацій і матеріалів за найкращих температурних умов вимірювання. Ці умови часто порушуються, якщо відбувається утримання нутроміра за корпус, а не за ручку з теплоізоляцією. У цьому випадку похибки температурні бувають більшими за розраховані.

Похибка кореляції вимірюваної лінії відносно діаметру у площині, що є перпендикулярною до осі отвору, така ж, як і центрувальна похибка викликана не дуже точним розміщенням мосту для центрування. Нормування даної похибки відбувається згідно ДСТУ 868-82.

Центрувальна похибка є залежною від розташування співвісного нутромірних стержнів. Виникає потреба перевірити сумісність усіх нутромірних стержнів для вимірювання, що є змінними. Такий контроль можна здійснити шляхом переміщення нутроміра з вимірювального блоку до кільця з тим самим розміром, що і вимірювальний блок.

Слід перевірити похибку центрування з блоку, замінивши змінні стержні для вимірювання. Корелюючи похибку центрування зі змінами стержнів для вимірювання, можна оцінити розташування співвісного стержнів для вимірювання. Перевірку розташування стержнів для вимірювання можливо здійснити, за допомогою мікроскопів універсальних або інструментальних.

Похибка з'єднання вимірювальної лінії з діаметром отвору в площині осі пояснюється нахиленням вимірювальної лінії щодо діаметру під деяким кутом.

Похибка при перекосі бути може більшою, якщо під час процесу вимірювального присутні важкі умови, що є складними для того, щоб знайти менший розмір в площині отвору діаметра (коли стрілки нутроміра відхиляються не більше однієї поділки на шкалі), наприклад, при вимірюванні пазів і глибоких отворів, при вимірюванні деталей із невеликою висотою робочої поверхні, при вимірюванні поверхонь з різними отворами тощо.

Встановлення нутромірів на задані розміри бажано виконувати на затвердженому мікрометрі, а також використовують кінцеві вимірювальні блоки.

Похибки встановлення по розмірах також включають похибку засобу встановлення та похибку в самому процесі встановлення.

Не рекомендується встановлювати нутроміри, що мають межі вимірювань більше 260 мм на мікрометрі, так як є великі похибки через малу площу опори для вимірювання мікрометра, власну похибку мікрометра та його деформації. Під час встановлення на розмір блоку вимірювань кінцевих необхідно враховувати, що є похибки блоку внаслідок його деформації, що виникає в струбціні. При вимірюванні похибок вимірювань нутроміра необхідно враховувати похибки встановлення на розміри.

Під час встановлення нутроміра на розміри затвердженого вимірювального кільця, вимірювальний процес рекомендується виконувати на пристрої відліку згідно меж двох-трьох поділок. У даному випадку можна досягнути отримання найбільшої точності не тільки за рахунок нутроміра, а й за рахунок складових похибок: під час вимірювань зі шкалою більше 0,03 мм встановлення відносно кільця в цілому не зменшує похибку сумарну, через велике значення похибок інших, які, перш за все, є похибками приладу.

Налаштування нутроміра на необхідний розмір проводять за умов робочого положення, тому що при інших станах нутроміра розмір, що встановлюється, може здійснити зміну на 2-3 мкм.

Похибки вимірювань, поряд з деякими властивостями вимірювань, обумовлені не зовсім ідеальним станом поверхні отвору, що вимірюється. Якщо поверхні стержнів для вимірювання мають менші сферичні радіуси, ніж стандартні значення для вимірювань за, тоді це може спричинити до зростання похибки вимірювання через шорсткість поверхні, переважно у класі шорсткості нижчому 7-го класу.

Може відбутися зростання цієї похибки порівняно з обчисленою, тоді як вимірювальне зусилля нутроміра зменшується порівняно із значенням норми.

Похибки через шорсткість поверхні необхідно виявляти експериментальним чином та здійснювати їх врахування тоді, коли розраховується похибка вимірювань сумарна.

При вимірюванні показника необхідно розрізняти саму похибку нутроміра, що нормують за ДСТУ 868 - 82, та похибку нутроміра, допущену під час вимірювання, яку визначають під час розрахунку. Інший вид похибок обумовлений відсутністю фіксованого опорного положення і спричиняє різні похибки приладу, які можна спостерігати під час випробування, що називають похибкою нормальною, та спостерігаються під час вимірювання.

Основні складові похибки вимірювань нутроміра стандартизовані в ДСТУ 868-82.

Похибку сумарну для вимірювального результату складають із невиключеної систематичної похибки (НСП) та похибки випадкової.



Ми бачимо межу НСП в результаті вимірювань:

$$\Theta(P) = \mp \sum_{i=1}^N |\Theta_i|$$

де  $\Theta_i$  значення межі  $i$ -ї частини систематичної невиключеної похибки за умов  $N \leq 3$  тут кількість доданків, складених із межових значень основних та додаткових допустимих похибок за СІ, згідно експлуатаційних стандартів.

$$\Theta(P) = 1.3 \times \sqrt{(\Delta_{СИ})^2 + (\Delta_{Мат})^2 + (\Delta_{роб.еталону})^2}$$

Згідно  $4 \geq N$  елементів НСП.

Вираховуємо середнє число арифметичне спостереження:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{n}$$

де  $x_i$  – значення результату  $i$ -го вимірювання одиничного;

$\bar{x}$  – середнє число арифметичне величини вимірюваної;

$n$  – кількість спостережень.

Розраховуємо відхилення середнє квадратичне:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Якщо одноразові вимірювання дійсні при  $\frac{\Theta(P)}{S(P)} \leq 8$ , а загальна похибка є менша набагато за значення розділу СІ та поля допуску, ігноруємо випадкові похибки СКО та приймаємо  $\Delta(P) = \Theta_i(P)$ . Для даних випадків метод вимірювання за ДСТУ Р 8.563 - 96 можна поєднувати з інструкцією з експлуатації СІ та стандартами, зазначеними в НТД - (КД, ТД і технологічні інструкції).

Якщо  $\frac{\Theta(P)}{S(P)} < 8$ , то значення  $\Theta_i(P)$  - NSP ігнорується і в кінцевому підсумку

розглядається як похибка результату вимірювання

$$, \quad E(P) = Z_{\left(\frac{p}{2}\right)} \times S(x) = \varepsilon(P)$$

з довірчою імовірністю (P);

де  $Z_{\left(\frac{p}{2}\right)}$  - коефіцієнт Лапласа на заданій таблиці ймовірностей (P).

Якщо  $0.8 \leq \frac{\theta(p)}{S(x)} \leq 8$ , межа похибки результату вимірювання розраховується

за такою формулою:

$$\Delta = K(P) \times [\Theta(P) + \varepsilon(P)]$$

$$K(P) = K_{\Sigma(x)} = \frac{\sqrt{1 + \gamma^2}}{1 + \gamma}$$

$$\gamma = \frac{\Theta(P)}{[\sqrt{3} \times K(P) \times S(x)]}$$

У дужках квадратних K (P) виводиться з таблиці 10 формулою

$$\Theta_i(P) = K(P) \times \sqrt{\sum_{j=1}^m \Theta_j^2}$$

де K (P) - коефіцієнт, визначений кількістю затверджених P і кількістю m компонентів НСП; m - кількість елементів НСП.

j - межі j-ого елемента НСП, що дотримуються нестатистичними методами (межі того, чим є цей елемент, визначаються за відсутності інформації про ймовірність його існування в цей час).

Коли  $P = 0.90$   $K(P) = 0.95$  або  $P = 0.95$   $K(P) = 1.1$  для ряду умов m. Потім значення зводяться в таблицю.

Таблиця 2.1 - значення К (Р)

При $P = 0.99$ значення $K(P)$ наступне:	
m	$K(P)$
2	1,2
3	1,3
4	1,4
5	1,45
6	1,45

Результати вимірювань:  $A = \bar{x} \pm \Delta$

Для даного пристрою похибка включає:

$$\delta = \sqrt{(\delta_{\text{мікр.}})^2 + (\delta_{\text{дв.}})^2 + (\delta_n)^2}$$

$\delta_{\text{мікр.}}$  - мікрометричної подачі похибка;  $\delta_{\text{дв.}}$  - похибка двигуна крокового;  
 $\delta_n$  - похибка зазору осьового підшипника.

Мікрометричної подачі похибка:

$$\delta_{\text{мікр.}} = \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta S_{\text{max}}}{P_x}$$

де  $\Delta S_{\text{max}}$  – розташування зазору осі між гайкою та витком гвинта;  $P_x$  - хід різьби.

При з'єднанні різьбовому M12 × 0,4-6H / 6g  $\Delta S_{\text{max}}$  буде дорівнювати:

$$\Delta S_{\text{max}} = ES_2 - ei_2 = 85 + 13 = 98 \text{ мкм}$$

$$\Delta\varphi = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 98 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 0.4} = 1.54^\circ$$

Цю похибку можна проігнорувати, якщо в парі гвинтовій використовується гайка без зазору.

Похибка двигуна крокового  $\Delta S$ :

$$; \delta_{\text{дв.}} = \Delta S = 1.8 \cdot 5\% = 0.09^0$$

Похибка підшипника:  $\delta_n = 0,002$  мм

Значить:

$$\delta = \sqrt{(1,77)^2 + (0,09)^2 + (0,002)^2} = 0,0009 \text{ мм}$$

Координаційна похибка (за умов розміру ППКМД 25 мм з точністю 0,3 0,3 мкм та класі точності 1)

Паралаксу похибка суб'єктивна і не є частиною математичної моделі для вимірювання похибки загальної.

Похибка приладів, що допускається при контролі параметрів із значенням ціни поділки 0,01 мм становить 1,5 мкм, на підставі розрахунків, наведених вище, ми виявили значення 1,2 мкм < 1,5 мкм.

Тому пристрій розроблено з урахуванням цих вимог.

## 2.4 Створення циклограми роботи

У разі побудови окремої системи автоматичного контролю та послідовної системи, продуктивність циклу визначається кількістю компонентів, які можуть бути перевірені та сортовані без затримки за одиницю часу.

Продуктивність циклу КАС

$$Q_y = \frac{60n}{T},$$

де:

T — тривалість циклу.

Продуктивність дійсну  $Q_o$  визначають за кількістю продуктів, сортування яких система здійснює відповідно до відповідних умов, включаючи загальний час простою та втрати.

$$Q_o = Q_y \eta,$$

де:

$\eta$  - коефіцієнти використання КАС.

$$\eta = \sum_{i=1}^n \eta_i,$$

де:

$\eta_i$  - коефіцієнти, що враховують простої певних видів;

$n$  - кількість видів простоїв, що пораховані.

Тривалість циклу безперервної роботи КАС

$$T = \frac{h}{v},$$

де:

$h$  - крок між виробами під час потоку;

$v$  - швидкість передачі виробів.

При перервній роботі КАС повна схема охоплює всі компоненти відповідно до блок-схеми.

$$T = t_z + t_{p1} + t_y + t_a + t_k + t_p + t_{zn} + t_{p2} + t_e + t_{x,x},$$

де:

$t_z$  - час при завантаженні виробу в систему для транспортування;

$t_{p1}$  - час, протягом якого виріб переміщається від відсіку завантаження до точки вимірювання;

$t_y$  - час при встановленні виробу в точку вимірювання;

$t_a$  - час закриття вимірювальних наконечників;

$t_k$  - час перевірки;

$t_p$  - час відкриття вимірювальних наконечників;

$t_{zn}$  - час зняття виробу з точки вимірювання;

$t_e$  - час викидання виробу під час вибраковування;

$t_{x,x}$  - час переміщення елемента системи для транспортування з викидаючого положення до відсіку завантаження (на холостому ході).

У випадках екстремальних КАС перервний цикл складають із двох частин

$$T = t_{cn} + t_p,$$

де:  $t_{cn}$  - час відпочинку;

$t_p$  - час руху системи транспортування.

Поєднання робочих циклів у різних позиціях дає можливість досягти продуктивності, потрібної для нашої роботи.

У даному випадку цикл роботи складається з переходів наступних:

1. Установлення редукторного корпусу трансмісії на місце для вимірювання.

2. Активація пристрою для утримування

3. Подача вузлів вимірювання в отвір, що вимірюється

4. Перевірка отворів на предмет відхилення неспіввісності

5. Підняття вузлів вимірювання

6. Від'єднання пристрою для утримування

7. Від'єднання корпусу

Циклограма призначена для відображення часу та послідовності усіх операцій, які є наявними. Циклограма буває як сітковою так і лінійною.

Циклограма сіткова представлена у графічному вигляді, верхня частина графіків пов'язана з певними операціями, ребра графіків зображують час цих операцій.

Циклограма лінійна відображує кожен цикл у періоді як лінію окрему у вигляді ступенів.

У цьому розділі наведено період циклу від початку роботи окремих пристроїв вимірювання функціональних та контролю (ЗВК) до початку роботи пристрою з іншою деталлю. .

Циклограма здійснює проведення:

- профілювання для валів розподільчих, профілювання роблять для кулачків, що керують органами транспортування;

- налаштування кулачків для апаратів керування, що займаються комутацією ланцюгів електричних;

- створення програми для маніпулюючих та контролюючих пристроїв;

- монтаж та регулювання перемикаючих і кінцевих пристроїв, що керують органами транспортування.

Циклограма ЗВК будується відповідно до результатів розрахунку часу циклу кожного вузла: пристрою транспортування, станції вимірювання, механізму виконавчого тощо.

Операції передачі зображуються лініями з прямими ділянками та похилими. Лінії прямі вказують на час знаходження деталі на визначених місцях, похилі лінії вказують на зміну місця розміщення. Операції передачі інформації визначаються лініями з прямими ділянками з рівнями різними; високий рівень призначений для передачі даних, рівень призначений для відображення стану про відсутність даних.

Згідно з даною послідовністю переходів, буде:

$$T_y = t_z + t_{bc} + 5t_{zm} + 5t_k + t_{zn}$$

де:

$t_z = t_{zn}$  - значення часу на те, щоб встановити (зняти) індикатор  $t_z = 10сек$  ;

$t_{bc}$  - значення часу на те, щоб встановити потрібні межі вимірювань;

$t_{zm}$  - значення часу на те, щоб змінити положення каретки; (зміна положення відбувається п'ять разів);

$t_k$  - значення часу на те, щоб проконтролювати,  $t_k = 5сек$  , в такому разі

$$T_y = 10 + 5 + 5 \cdot 3 + 5 \cdot 5 + 10 = 65сек$$

$$Q_y = \frac{60 \cdot 1}{65} = 0.92 \text{ ind./хв}$$

$$Q_o = 0.92 \cdot 0.95 = 0.87$$

## 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 3.1 Оцінка похибки вимірювання і чутливості приладу

Джерелом похибки стану є виставлення зміщення  $\Delta x$ , яке визначається з формули:

$$\Delta x = \frac{P \cdot \Delta S}{360}$$

$P$ -крок різьби

$\Delta S$ -похибка крокового двигуна

$$\Delta x = \frac{0,4 \cdot 0,09^\circ}{360^\circ} = 0,0001 \text{ мм}$$

а також технологічна похибка встановлення розхилу кута, яка становить  $0,1^\circ$ .

Дослідимо характер цих залежностей за допомогою програми Matlab.

### 3.2 Моделювання точності стану для перевірки нутромірів

```
r2=[0:5:100]
r=100;
u=10;
dl=1
ro=.1
a=.01
s=.01
l=[1:dl:10];
%length(l)
dr2=ro*dl/s
l1=[2:.05:9];
r2=[10:dr2:100];
%length(r2)
```



```
r22=interp1(l,r2,l1,'nearest');
%length(r22)
plot(l1,r22, '.')
grid
title("")
xlabel('dx*e-4')
ylabel('DY*E-4')
legend('ZONA NECHUTLYVOSTI STENDU')
figure
for a=pi/72:pi/72:pi/12
y=2.*r22.*sin(a/2)/cos(a/2)/1000
grid
plot(y, '.')
hold on
end
title("")
xlabel('dx*e-4')
ylabel('dy*e-4')
legend('ZONA NECHUTLYVOSTI STENDU PRY RIZNYH KUTAH ')
```

На графіках показана зона нечутливості стенду і зона нечутливості стенду при різних кутах.

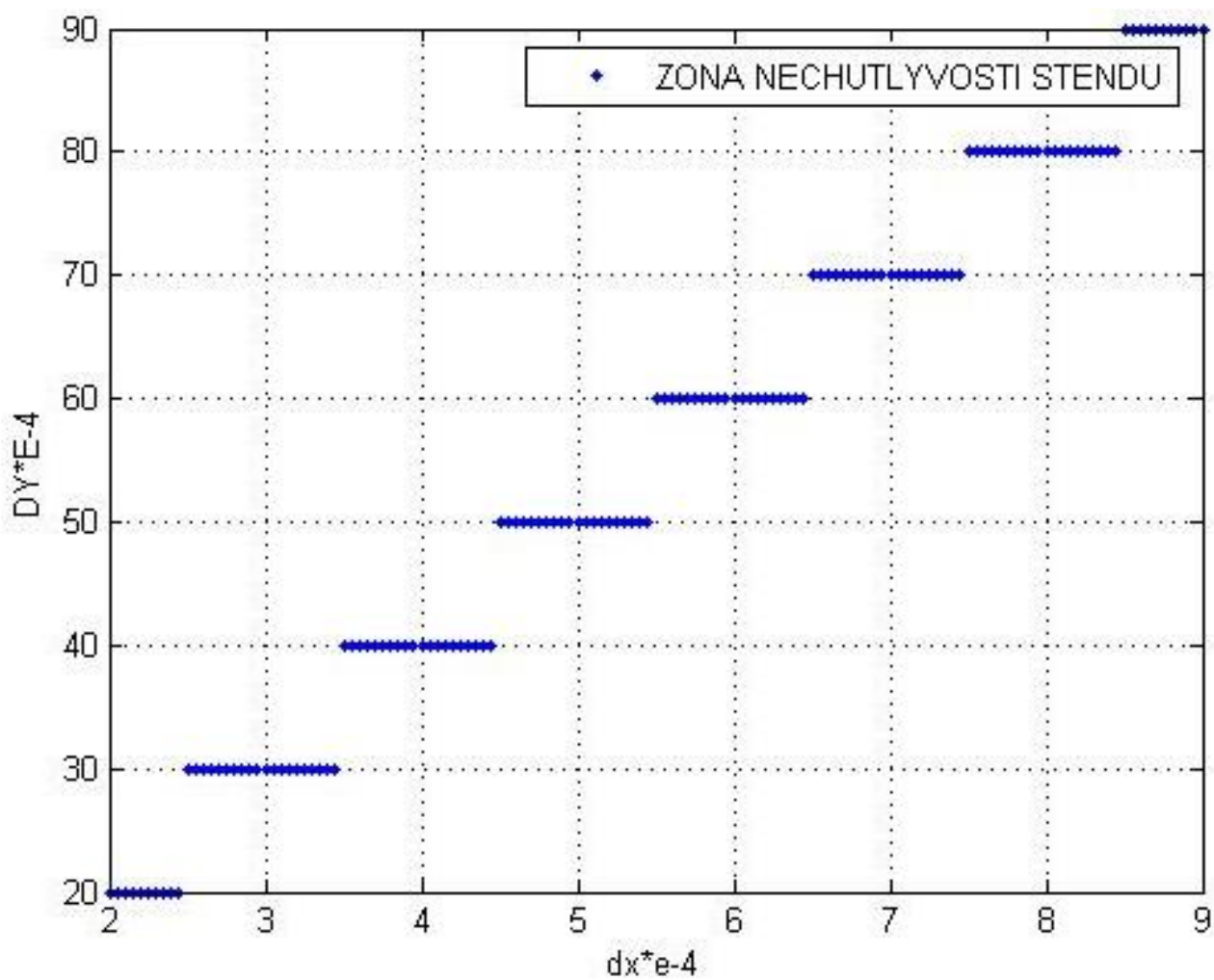


Рисунок 3.1 - Зона нечутливості стенду

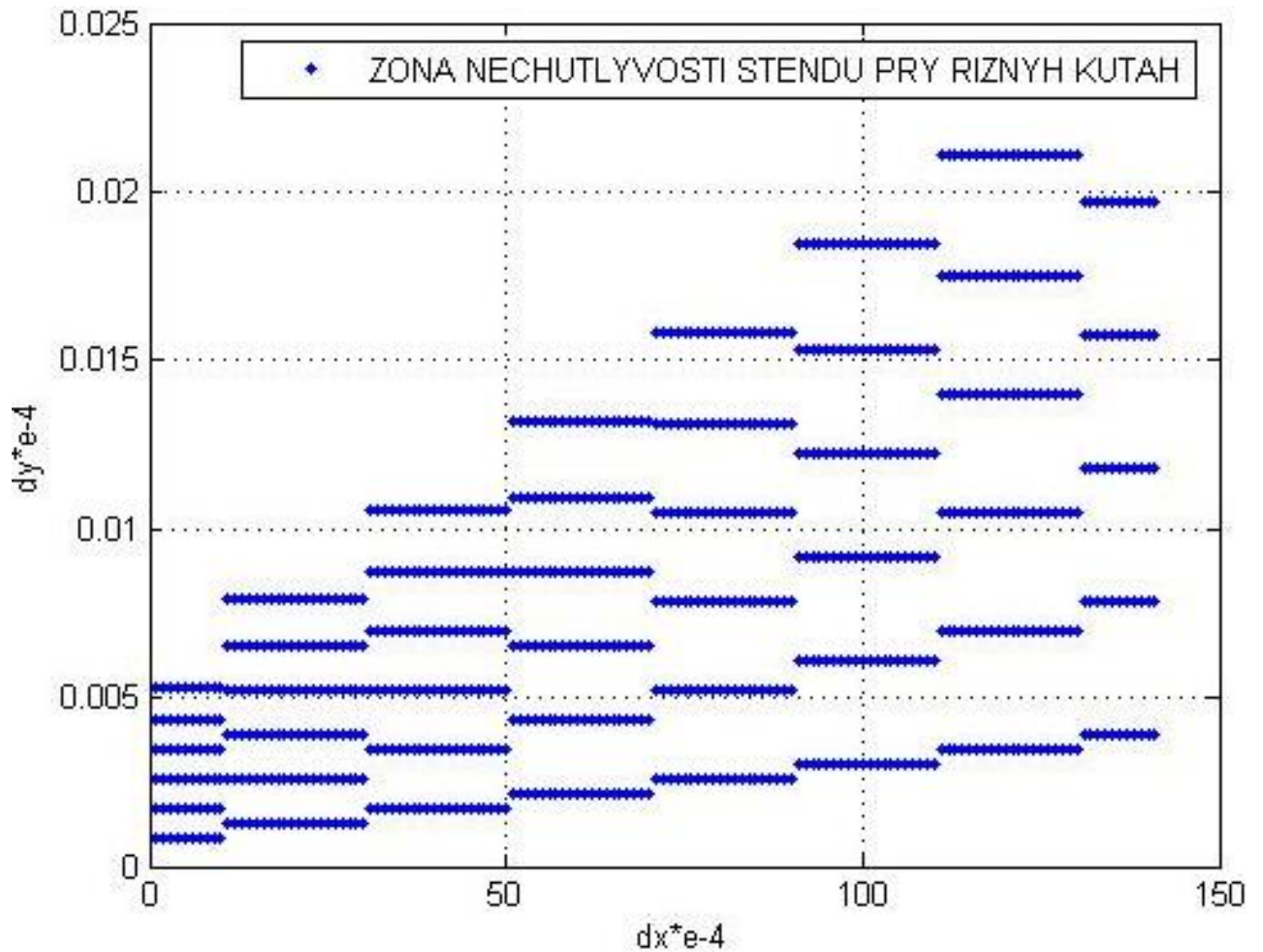


Рисунок 3.2 - Зона нечутливості стенду

Оцінимо чутливість приладу в цілому на вказані похибки вхідних параметрів.

$$\begin{aligned} \Delta(\Delta y) &= \left| \frac{\partial(\Delta y)}{\partial(\Delta x)} \right| \cdot \Delta(\Delta x) + \left| \frac{\partial(\Delta y)}{\partial(\Delta \alpha)} \right| \cdot \Delta(\alpha) = \\ &= 2tg \frac{\alpha}{2}_{\alpha_0} \cdot \Delta(\Delta x) + \frac{2\Delta x}{\cos^2 \alpha_{\alpha_0, \Delta x_0}} \cdot \Delta y \end{aligned}$$

Залежність коефіцієнтів чутливості у формулі від робочих параметрів розрахована при допомозі системи Matlab. Їх значення, а також величина внесеної похибки приведені нижче на рисунках.

### 3.3 Залежність коефіцієнтів чутливості від робочих параметрів

```
clear all
x0=.00005;
dyx=diff('2*tan(.1745)*x')
f0=10*2*pi/360;
dyf=diff('.0001*tan(f/2)')
ezplot(dyf)
axis([.1,.2,0,.0001])
grid
figure,ezplot(dyx)
axis([0,.01,0,.5])
grid
D=.35259*.0001+ .00005*.1763
x1=0;
x2=.0001;
f1=9.9*2*pi/360;
f2=10.1*2*pi/360;
xd=[x1 x1 x2 x2 x1];
fd=[f1 f2 f2 f1 f1];
figure,plot(xd,fd)
axis([-1e-4,1.1e-4,.1725,.1765])
```

Значення коефіцієнтів чутливості :

Коефіцієнт чутливості по  $\Delta x$ :

$$\partial y_x = 0.35258606404403164965601273285956$$

Коефіцієнт чутливості по  $\Delta \alpha$

$$\partial y_\alpha = 0.00005 * \tan(\alpha/2)^2 + 0.00005$$

Величина сукупної похибки:

$$D = 4.4074e-005$$

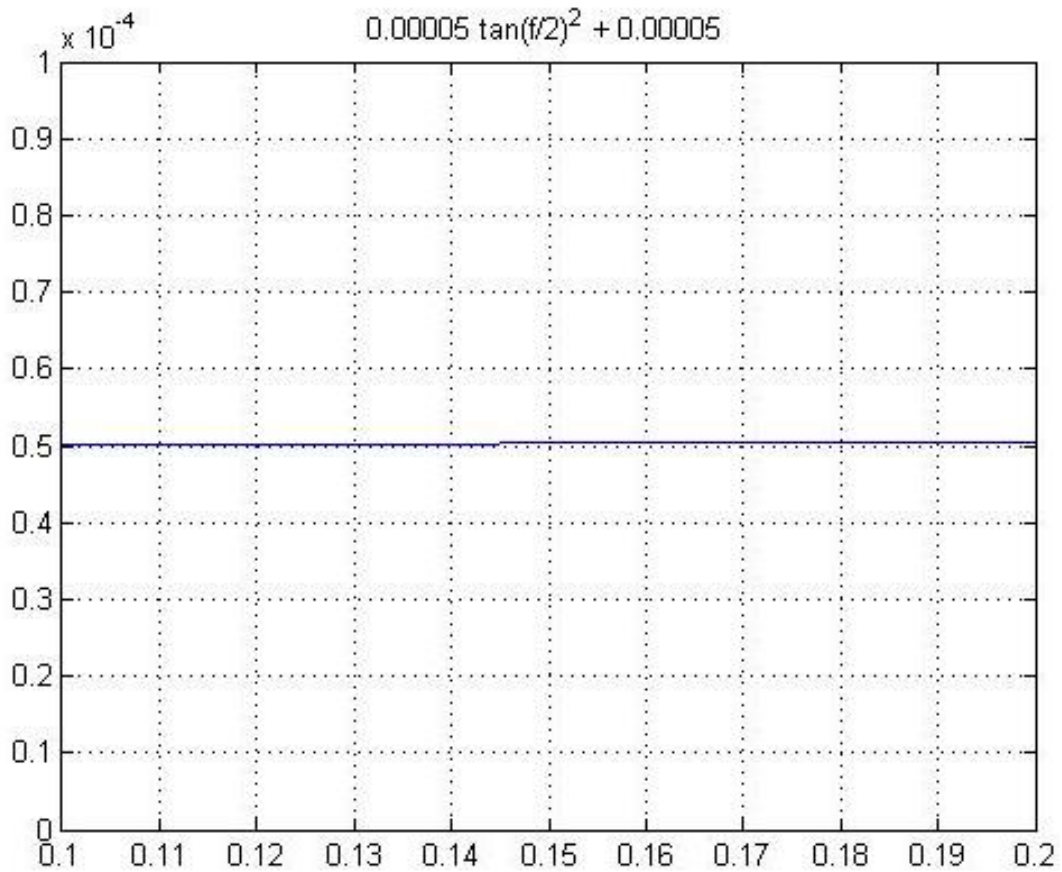


Рисунок 3.3 - Графік коефіцієнта чутливості по  $\Delta\alpha$

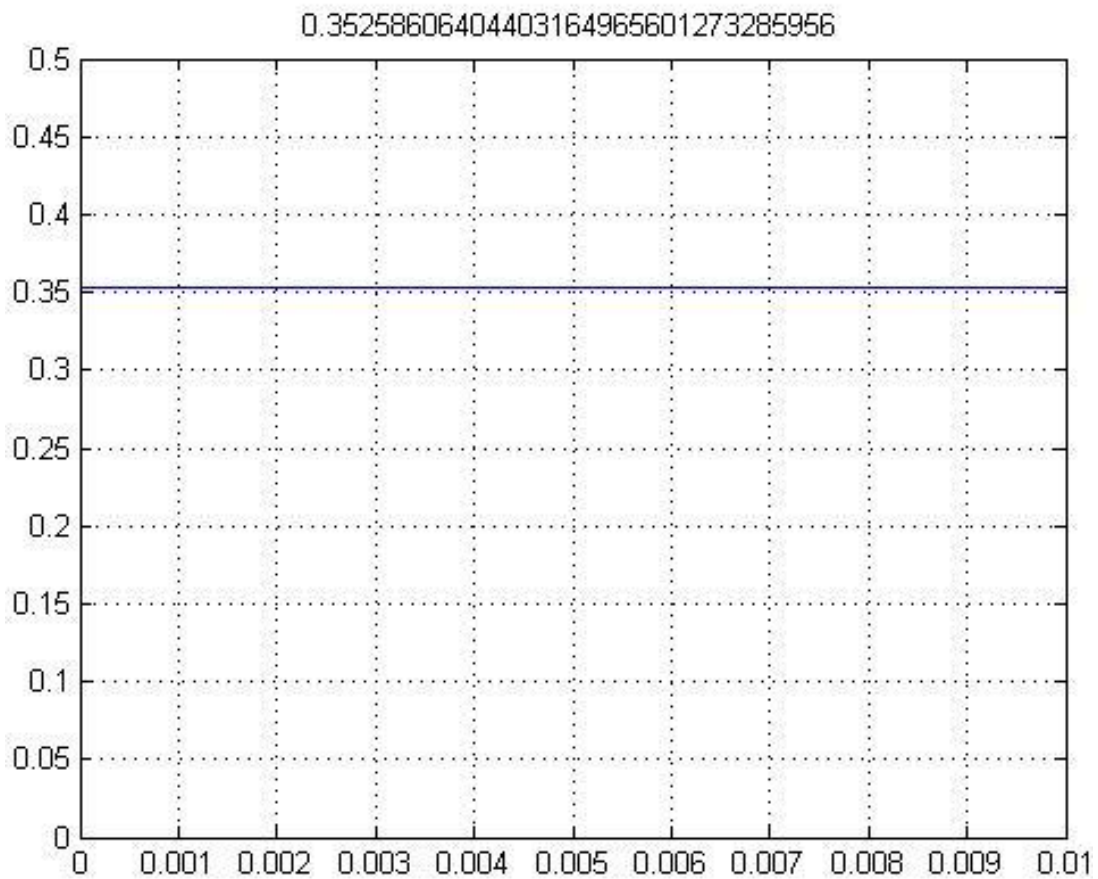


Рисунок 3.4 - Графік коефіцієнта чутливості по  $\Delta\chi$

3.4 Досліджування імовірнісного розподілу вимірюваних значень при рівномірному розподілі виставлених параметрів  $\Delta x$  і  $\Delta \alpha$  в межах похибки

Похибка  $\Delta x$  впливає на похибку  $\Delta y$  контрольного значення  $y$  з яким порівнюємо покази, і залежить від кута  $\alpha$ .

$$\Delta y = \left(2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \Delta x$$

Тоді,

$$\Delta y = \left(2 \cdot \operatorname{tg} \frac{10}{2}\right) \cdot 0,0001 = 8,72 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$$

Оскільки, значення в робочій формулі  $\alpha$  можна вважати рівномірно розподіленим між  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  та між  $\Delta x_1$  і  $\Delta x_2$  (рис. 3.5).

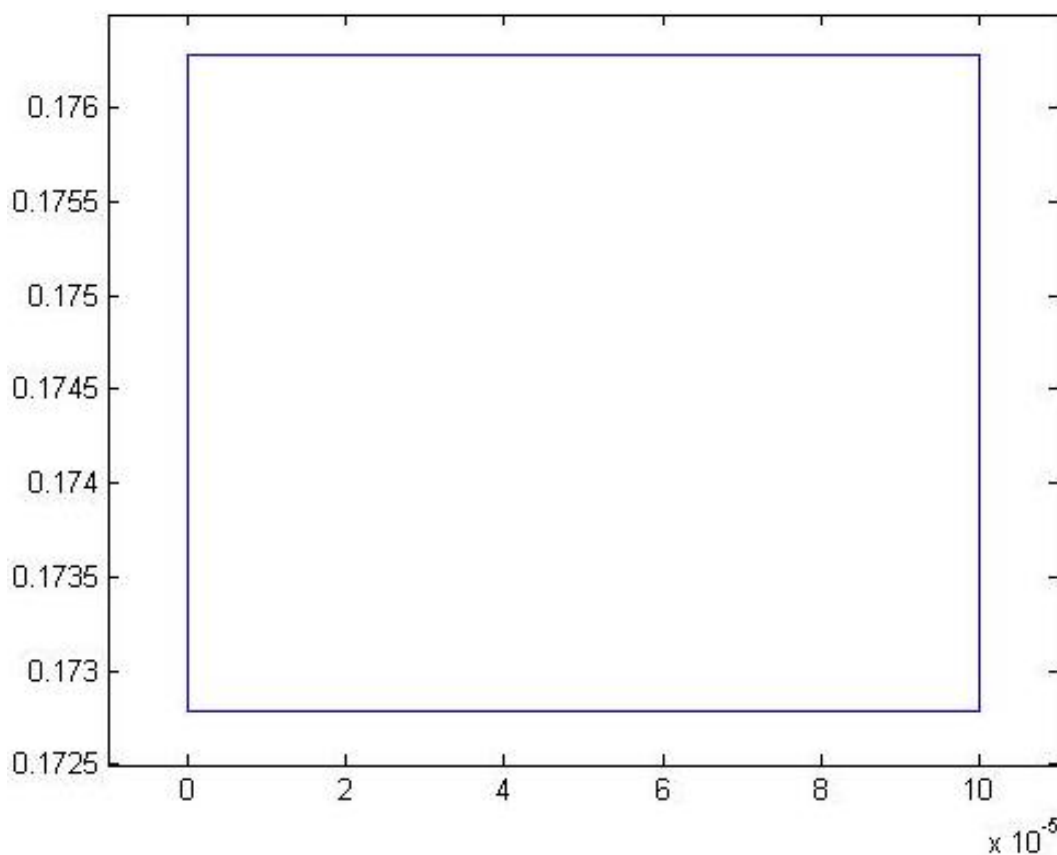


Рисунок 3.5 - Область розподілу між  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  та між  $\Delta x_1$  і  $\Delta x_2$

### 3.5 Застосування задачі мінімаксу для моделювання процесу прийняття оптимальних рішень

Оптимізаційний процес є основою всієї діяльності інженерної, так як класичними функціями інженерної науки є, з одного боку, проектування нових, більш ефективних і менш витратних технічних систем, а з іншого боку, розробка методів покращення систем, що існують. Ефективність оптимізаційних методів, що дозволяють вибрати варіанти найкращі без того, щоб перевірити всі можливі варіанти, залежить від застосування повторюваних розрахунків зі схемами ітераційними для обчислень, що виконуються на основі добре перевірених методів і алгоритмів з використанням комп'ютерних технологій.

В запропонованому матеріалі на прикладі задачі оптимального вибору зображено співвідношення між кількістю подій двох видів з метою отримання максимального зростання. Вибір опирається на довгострокових прогнози обставин, що обумовлюватимуть майбутнє зростання.

Так, якщо на при вимірюваннях наявні два види рівноцінних подій  $S_1$  і  $S_2$ , зростання значень яких залежить від складно прогнозованих обставин  $A$  і  $B$ . тобто акція  $S_1$  передбачає прибуток  $P1a\%$  у випадку  $A$  або  $P1b\%$  – у випадку  $B$ , а  $S_2$  –  $P2a\%$  у випадку  $A$  і  $-P2b\%$  у випадку  $B$ , то оптимальне співвідношення кількості подій з кожного пакету і гарантоване максимальне зростання можна оцінити з наступних міркувань.

Якщо отримати  $n_1$  подій  $S_1$  і  $n_2$  подій  $S_2$ , то очікуване середнє зростання на подію становитиме:

за обставин  $A$

$$P_A = \frac{P1a * n_1 + P2a * n_2}{n_1 + n_2}$$

за обставин  $B$

$$P_B = \frac{P1b * n_1 + P2b * n_2}{n_1 + n_2}$$

Для встановлення умови (співвідношення  $n_1$  і  $n_2$ ), за якої вирази для  $PA$  і  $PB$  набувають однакового, по-можливості максимального, значення розроблено програмне забезпечення з використанням функції **fminimax** оптимізаційного пакету MATLAB. Результат аналізу для  $P_{1a}=4\%$ ,  $P_{1b}=25\%$ ,  $P_{2a}=20\%$ ,  $P_{2b}=5\%$ , в координатах  $(n_1/n_2, P_{сер})$  показані на рис. 3.6. Червоним позначене зростання, прогнозоване, якщо матимуть місце обставини А, синім – В. Виділені області вказують на значення  $n_1/n_2$ , за якого можна очікувати приблизно однакового зростання за будь-яких обставин, тобто на співвідношення у кількості подій обох видів, яке забезпечує мінімальний ризик у проведенні операції.

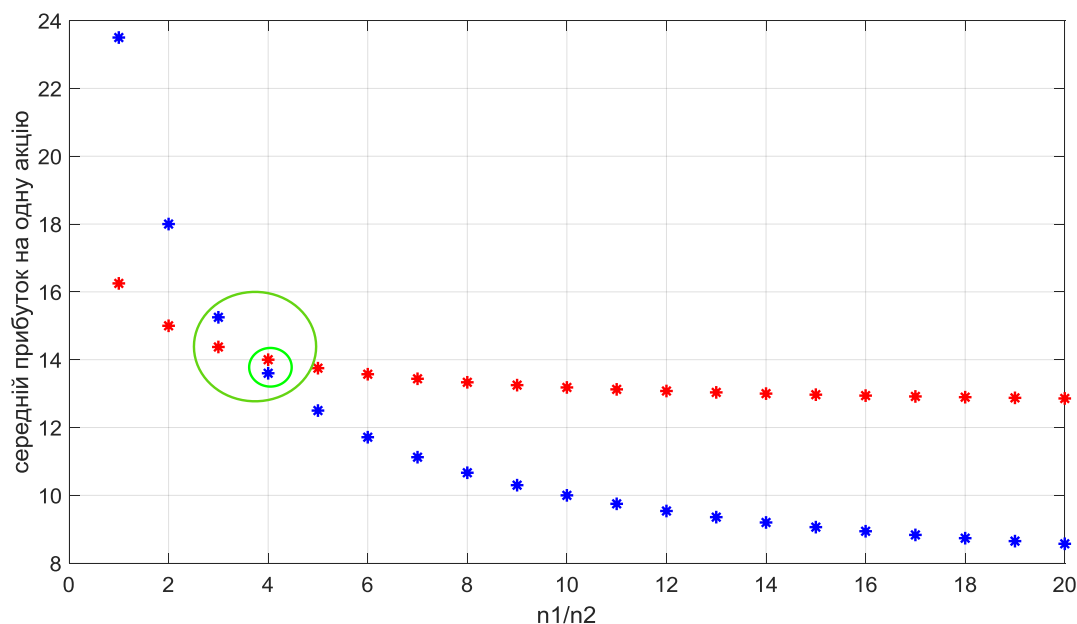


Рисунок 3.6 - Межі виконання умови про приблизно однакове зростання за обставин А і В

На рис. 3.7 значення  $Pa$  і  $Pb$  виведені в координатах  $n_1$  і  $n_2$ . Як бачимо, між  $n_1$  і  $n_2$  існує співвідношення, за якого очікуване зростання не залежить від непередбачуваних обставин (А чи В). Подальші оцінки показують, що це  $n_2=3.6 n_1 \sim 4 n_1$ .



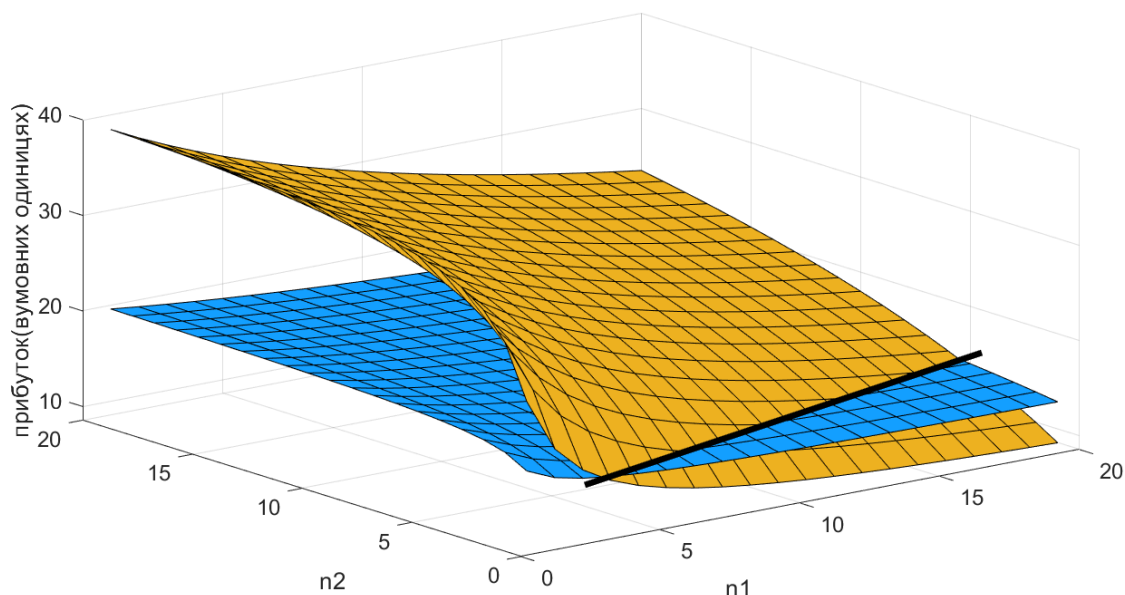


Рисунок 3.7 - Середнє зростання на одну подію за обставин А (синім ) і обставин В(коричневим) і умова коли за будь-яких обставин він зберігатиметься однаковим (чорна лінія)

Розроблене програмне забезпечення можна використовувати при довільних біжучих значеннях параметрів  $P_i$  та  $n_i$  ( $n=1,2$ ), проектуючи розглянуту ситуацію на аналогічні задачі по оцінці мінімального ризику.

#### Висновки:

В результаті проведеної роботи було досліджено чутливість приладу, а саме: зону нечутливості стенду, зону нечутливості стенду при різних кутах, також досліджено і графічно показано залежність коефіцієнтів чутливості від робочих параметрів.

За допомогою системи Matlab провели дослідження імовірнісного розподілу вимірювань при рівномірному розподілі виставлених робочих параметрів в межах похибки. Розраховано коефіцієнти чутливості по двох параметрах, знайдено величину сукупної похибки.

Проведено оцінку застосування задачі мінімаксу для моделювання процесу прийняття оптимальних рішень

## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Постановка проблеми та аналіз вимог

Завдання – автоматизувати прилад для повірки нутромірів індикаторних.

Алгоритм роботи та програма для системи керування мають забезпечувати робочі режими:

- Ручне керування зміною положення блоку вимірювального звикористанням клавіш панелі та з клавіатурою;
- Автоматична централізація приладу вимірювального за 2 призми;
- Автоматичний рух на відстань, що є заданою.

Всі дані мають бути відображені на екрані ПК, що входить до складу системи для керування, у вигляді таблиць, графічно представляючи перерахунок зміни товщини виробу відносно теоретичного значення.

Програма керування мікропроцесорним блоком керування для системи має забезпечувати функції налагодження та виявлення проблем для обслуговування, ремонту та самотестування пристрою.

### 4.2 Вимоги до параметрів пристрою

Вимірювальні межі 6 ... 50 мм;

Похибка абсолютна вимірювання у температурному діапазоні  $\pm 2$  мкм;

Крок відліку шкали 0,01 мм;

Напруга живлення двигуна = 60 В;

Кут між призми  $\alpha = 10^\circ$ ;

Вісь між призми повинна точно збігатися з бісектрисою кута  $\alpha$ .

На вимірювальних поверхнях приладу не повинно бути значення шорсткості  $R_a$  більше ніж = 0,16 мкм;

Найбільша відмінність в похибках головки мікрометра в кожному місці не повинна перевищувати 1,5 мкм;

Надійність, сумісність електромагнітна, термо- і вібростійкість, ізоляція та захист від середовища навколишнього в обладнанні повинні бути забезпечені способом конструювання.

Розміри пристрою найбільші 540×295×130 мм.

Конструкційна розробка даного блоку має забезпечити легкість використання та обслуговування, доступ до панелей та компонентів для зняття, переміни та ремонту.

Для застосування використовувалися двигуни крокового типу, магніт електричний, мікроконтролер типу ADUC841.

Принцип роботи приладу полягає в наступному, на каретці рухомій розташовані дві призми з кутом  $\alpha$ , які, рухаючись по у-осі, стискають наконечники нутроміра, таким чином змінюють значення діаметру візуально.

Є два двигуни крокового типу, один для попереднього налаштування, а інший для вже зафіксованих положень. Однак зміщення згідно осі у та посеред призми стисненими пропорційне відношенню.

$$\Delta d = 2 * \Delta y * \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2}$$

Схема для керування двигуном, бути має захищеною від замикання короткого та теплового перегріву.

#### 4.3 Опис роботи керування приладом та принципи дії

Схема керування має бути складеною з урахуванням різних чинників під час роботи. Готова продукція повинна бути позначена символічною рідкокристалічною індикацією, яка позначає відстань, яку пройшли транспортуючі засоби типу каретки, а також ідентифікує похибку. Для того, щоб ввести необхідні параметри, потрібна певна клавіатура, порт RS232 для програм мікроконтролера, компоненти для забезпечення правильної роботи всього керуючого блоку.

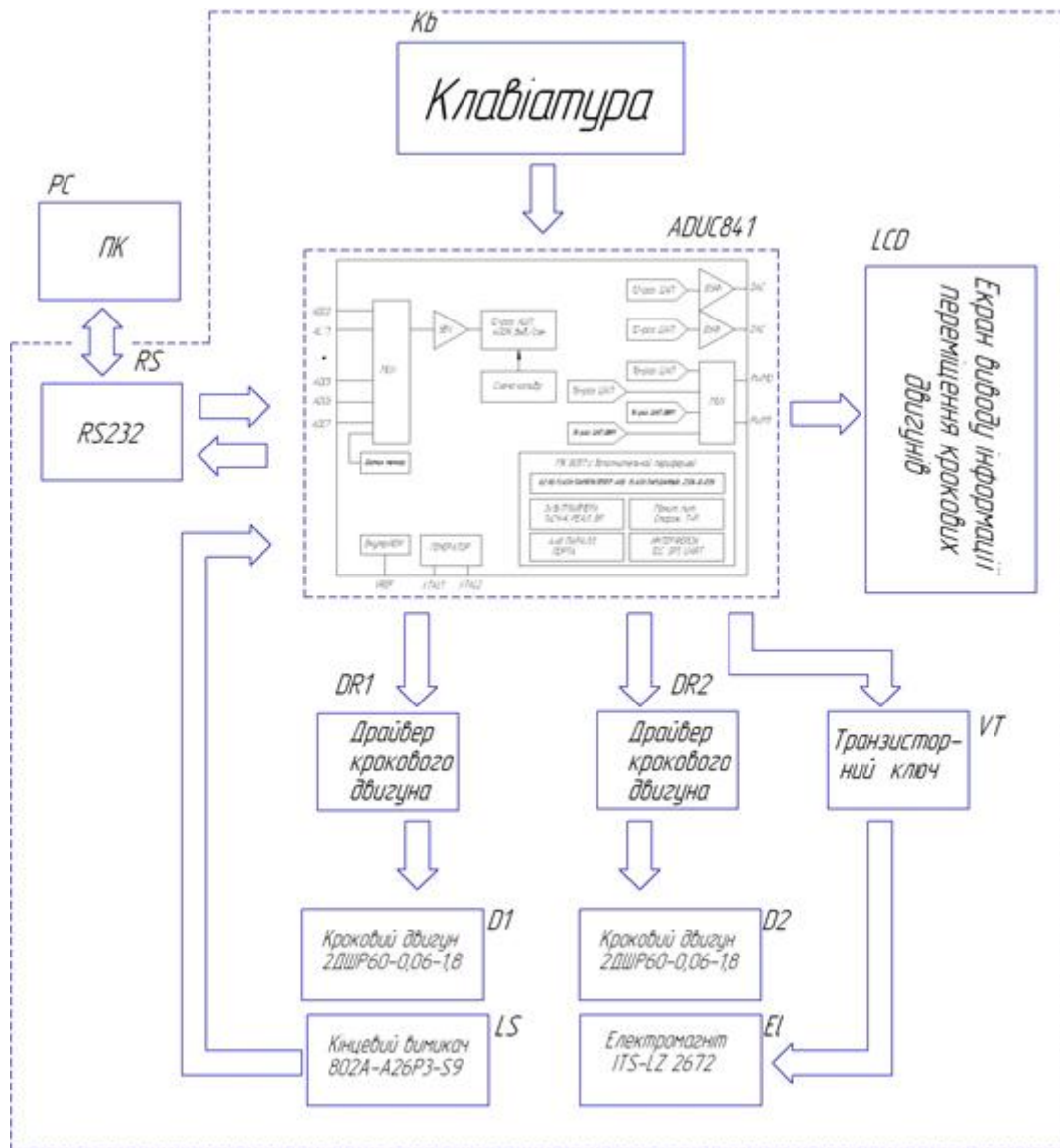


Рисунок 4.1 - Схема керуючого блоку

У центрі керуючого блоку знаходиться мікроконтролер ADUC841 та вбудований в нього ЦАП, що виконує основні обчислювальні завдання програми. Є порт RS232 (RS) для програм мікроконтролера ADUC841 і підключення до ПК. Цей пристрій використовує горизонтальний двигун DSHR60 (D1, D2) для горизонтального і вертикального обертання, керований мікроконтролером ADUC841 із драйверами, що керують двигунами кроковими (DR1, DR2).

Дані всі про зміни положень двигунів (D1, D2) відображається на символічному рідкокристалічному дисплеї (LCD) за допомогою вигляду, зрозумілого оператору. Клавіатура (Kb) для пуску, зупинок, включення та відключення двигунів (D1, D2) відокремлена в блок окремий.

У схемі функціональній є транзисторний перемикач (VT), який керує магнітом електричним (EI). Схема також має (LS) - вимикач кінцевий, що здійснює відключення двигунів (D1, D2) у випадку несправності системи.

#### 4.4 Схема принципова

##### 4.4.1 Вибір бази елементів

В якості мікроконтролера для цієї роботи ADUC841 обираємо. MicroConverter® ADUC841 — це інтегрована зовсім одночипова система з 12 розрядами для прийому даних із ядром із швидкістю високою (цикл машини рівний циклу такту), покращений у порівнянні з системами ADuC812 та ADuC831. Подібно до інших пристроїв типу ADI MicroConverter, даний пристрій має ЦАП та АЦП з високою точністю, а також оновлений мікроконтролер. Пристрій розміщено в корпусі PQFP на 52 виходи або в кристалі CSP на 56 виходів, знапругою живлення 3 В чи 5 В.

Схема принципова виглядає наступним чином:

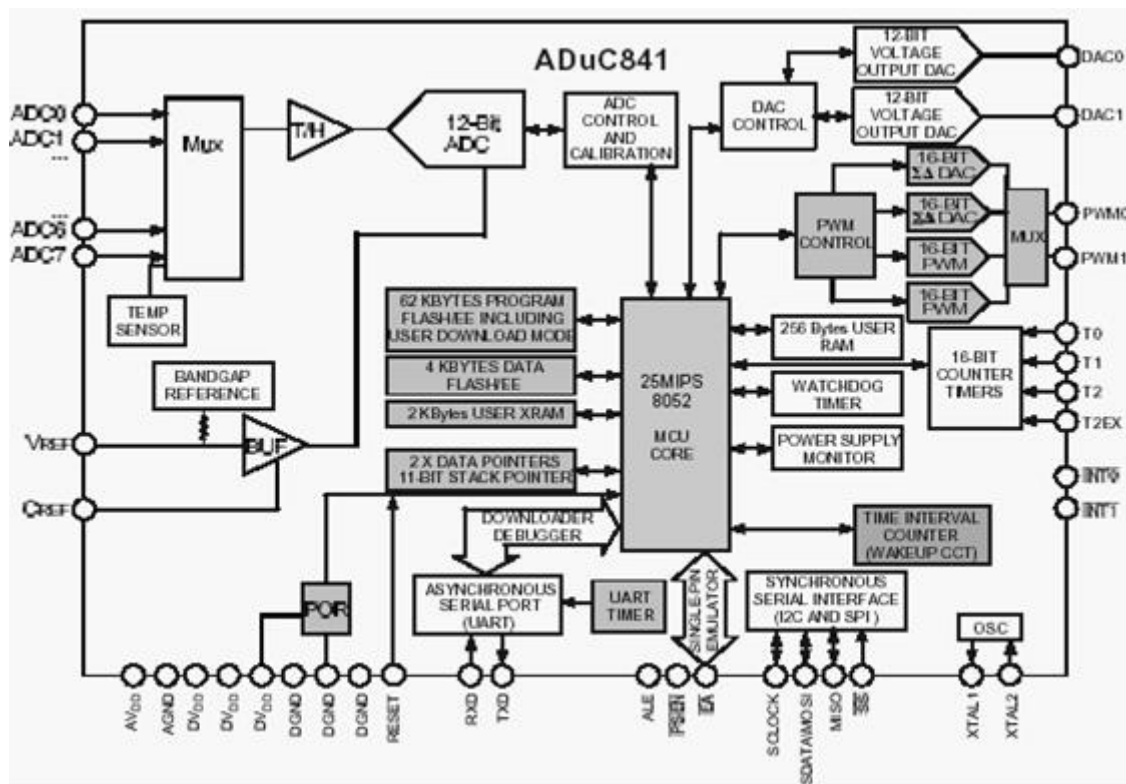


Рисунок 4.2 - Схема принципова ADUC841

Різні функції:

- АЦП з каналами вісьмома, 8 та 12 розрядами з 400 kSPS та калібруванням самостійним
- Два ЦАП з 12 бітами, з виходами та діапазоном динамічним, що дорівнює значенню напруги живлення
- Два ШІМ виходи / сигма-дельта АЦП з 16 бітами
- Стандартне ядро 8052 із циклом такту, що дорівнює циклу машини сигналом 25 MSPS або 16 MSPS з джерелом живлення 3 В
- 62 кБ програмної пам'яті FLASH
- пам'яті даних FLASH обсягом 4 кБ
- статична ОЗП обсягом 2 кБ, а також 256 байт 8052
- Температурний сенсор
- Точне джерело напруги опорної 20 ppm / ° C, послідовні перехідники UART, I2C та SPI, таймер часу моніторингу, таймер вимірювальний, відображувач з напругою живлення, схема увімкнення живлення (POR)
- Система інтегрована налагоджуюча, завантажуюча, та емуляційна
- Сумісна з пристроями ADuC812 і ADuC831

ADUC841 — це повнофункціональний сенсорний інтелектуальний контролер що має високоякісний АЦП з каналами багатьма та з якістю високою для калібрування самостійного, а також два ЦАП; також зі швидкістю 25 МГц, мікроконтролер з системою команд при 8 розрядах на 1 кристалі, що реалізує одноконтурне програмне виконання.

Основою МК можна контролер назвати типу 8052, що здійснює продуктивність максимальну до 25 MIPS. Кристал має 62 Кбайт неруйнівної програмної пам'яті Flash / EE та 4 Кбайт неруйнівної пам'яті даних, Flash / EE; 256 байт пам'яті з доступом довільного характеру, а також 2 Кбайт пам'яті розширеного доступу довільного характеру.

ADUC841 також включає у себе пристрої додаткові аналогового типу: два ЦАП з 12- розрядами, монітор для джерела що живить прилад, також ІОН в обмеженій зоні. Інші цифрові ІС -пристрої включають два ЦАП з 16 розрядами,

два модулятори ШІМ з 16 розрядами, часовий лічильник, три таймери / лічильники та три послідовних порти зв'язку SPI I2C та UART.

З'єднувачі I2C та продукт SPI можуть використовувати ті самі з'єднання для досягнення сумісності з попередніми моделями, тобто ADUC812 та ADUC831. Проте для цієї мети можна використовувати різні підключення (стандарти I2C - P3.3, P3.4 і SPI).

Заводська ПЗП МК дає можливість завантажувати та налаштовувати забезпечення програмне при використанні порту послідовного UART та імітувати за допомогою підключення одного пристрою типу EA. Зображена блок-схема функціональна ADUC841 вище. Призначення пристрою зроблено для роботи з додатковими джерелами 3 В та 5 В із значеннями плюс. Під час роботи із джерелом живлення 5 В робоча найбільша частота буде 20 МГц, а під час роботи із джерелом живлення 3 В буде частота 16 МГц.

#### 4.4.2 Вибір індикаційного блоку



Рисунок 4.3 - Модуль на рідких кристалах алфавітний та цифровий

Вибираємо як індикатор модуль на рідких кристалах алфавітний та цифровий VC1004A, до складу якого входять: 4 рядки по 10 символів;

температура роботи від -20 до 70 ° C; розміри габаритні 57,0 на 57,0; струм  $I_{ss} = 1,2$  мА; напруга  $V_{cc} = 3 \dots 5,5$  В.

#### 4.4.3 Вибір елементів блоку

Специфікація діода S1A-13-F:

- Diode Type: Standard Recovery
- Repetitive Reverse Voltage  $V_{rrm}$  Max: 50 В
- Forward Current  $I_f(AV)$ : 1 А
- Forward Voltage  $V_F$  Max: 1.1 В
- Reverse Recovery Time  $t_{rr}$  Max: 3 мкс
- Forward Surge Current  $I_{fsm}$  Max: 30 А
- Робочий діапазон температур: -65°C ... +150°C
- Тип корпусу: SMA
- Кількість виводів: 2
- SVHC: No SVHC (15-Dec-2010)

Специфікація транзистора IRF7501:

- Parameter Max. Units
- VDS Drain-Source Voltage 20 V
- $I_D @ T_A = 25^\circ C$  Continuous Drain Current, VGS @ 10V 2.4
- $I_D @ T_A = 70^\circ C$  Continuous Drain Current, VGS @ 10V 1.9 A
- IDM Pulsed Drain Current . 19
- PD @  $T_A = 25^\circ C$  Maximum Power Dissipation. 1.25 W
- PD @  $T_A = 70^\circ C$  Maximum Power Dissipation . 0.8 W
- Linear Derating Factor 0.01 W/°C
- VGSM Gate-to-Source Voltage Single Pulse  $t_p < 10 \mu s$  16 V
- VGS Gate-to-Source Voltage  $\pm 12$  V
- $dv/dt$  Peak Diode Recovery  $dv/dt$  . 5.0 V/ns
- $T_J$  ,  $T_{STG}$  Operating Junction and Storage Temperature Range -55 to + 150°C
- Soldering Temperature, for 10 seconds 240 (1.6mm from case)



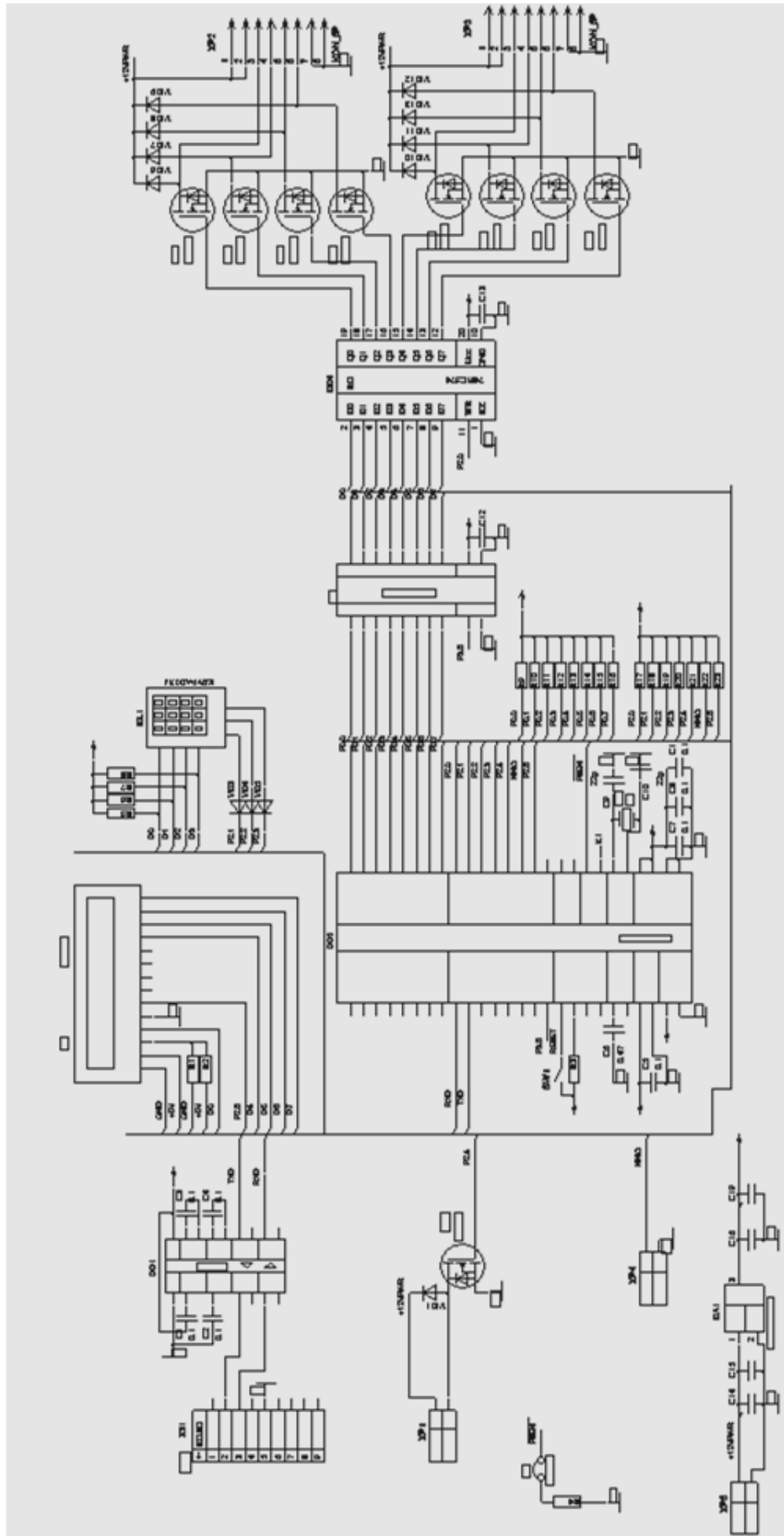


Рисунок 4.4 - Схема принципова, за якою побудований керуючий блок

Схема керуючого блоку показана на рисунку. Система у плані робочому забезпечена мікроконтролером ADUC841 / S-52 (DD2), що є попередньо запрограмованим. Шина даних з 8 розрядами з'єднує клавіатуру, монітор на рідких кристалах та драйвер для двигунів крокових з мікроконтролером. Двигуни крокові керуються 2-ма драйверами транзисторними, що підключені із шиною запису даних, приєднаною до мікроконтролера 74HC574 (DD4). За допомогою подвійного буфера мікроконтролер співпрацює із шинами даних 74HC245 (DD3).

На рисунку зображені кінцевий вимикач, порти для приєднання магніту електричного, два двигуни крокових, а також наявність порту RS 232, що призначений для підключення до комп'ютера персонального. Забезпечує живлення системи блок живлення.

#### 4.4.4 Моделювання роботи вузлів

Для моделювання роботи електромагніта ITS-LZ 2672 використали програму MicroCAP. Результати моделювання подані на рисунках 1.15- 1.17 у вигляді графіків зміни напруги на стоці керуючого транзистора і струмів електромагніта та захисного діоду.

Максимальний струм транзистора не перевищує 0.9 А, при цьому допустимий струм стоку транзистора IRF7501 1.9 А [2].

Максимальний струм діода не перевищує 0.9 А, при цьому допустимий струм діода S1A-13-F 30 А, а робочий струм, тобто струм який діод S1A-13-F може пропускати постійно 1 А.

На рисунку 1.17 зображений графік зміни середньої потужності, що виділяється на діоді та транзисторі. Середня потужність, що виділяється на транзисторі не перевищує 80 мВт, при цьому допустима потужність транзистора IRF7501 800 мВт [2]. Середня потужність, що виділяється на діоді не перевищує 50 мВт, при цьому допустима потужність 1400 мВт [3].

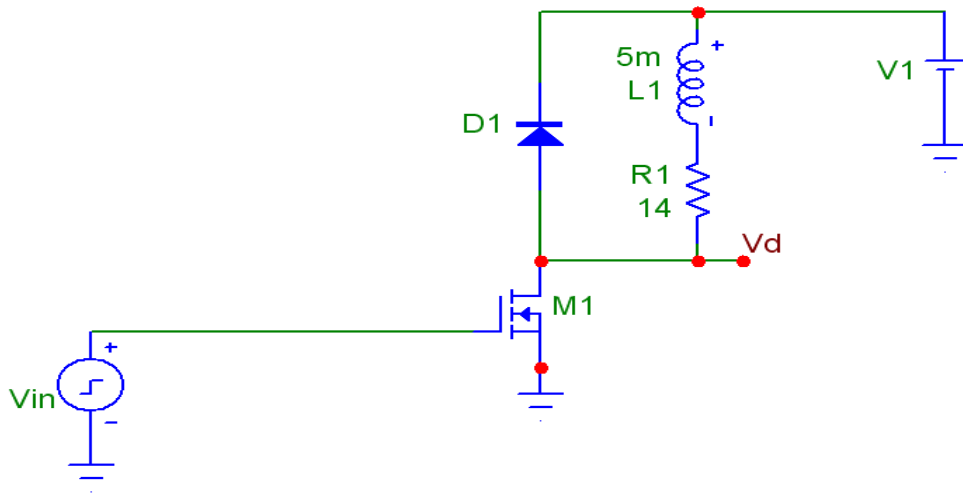


Рисунок 4.5 - Схема роботи магніту електричного ITS-LZ 2672

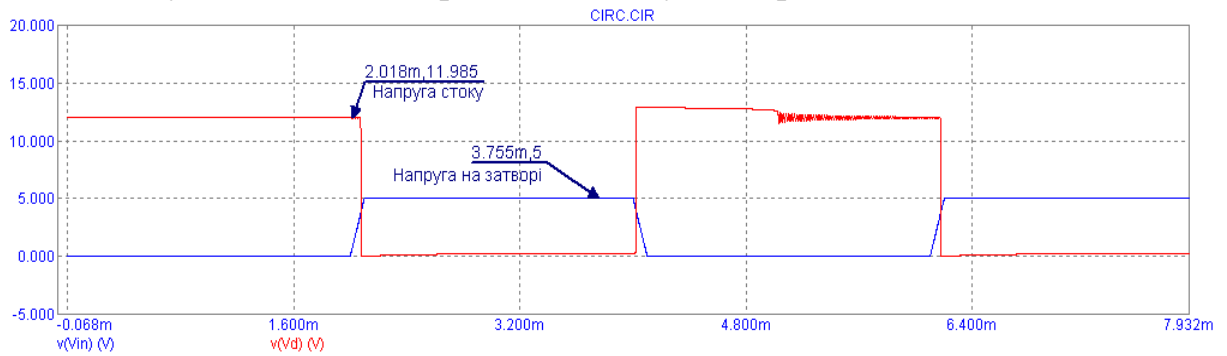


Рисунок 4.6 - Графік спрацювання магніту електричного ITS-LZ 2672

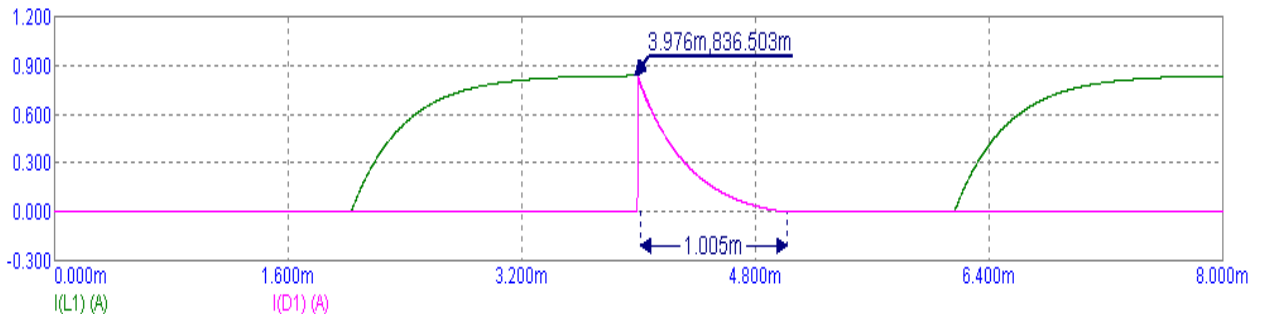


Рисунок 4.7 - Графік струму

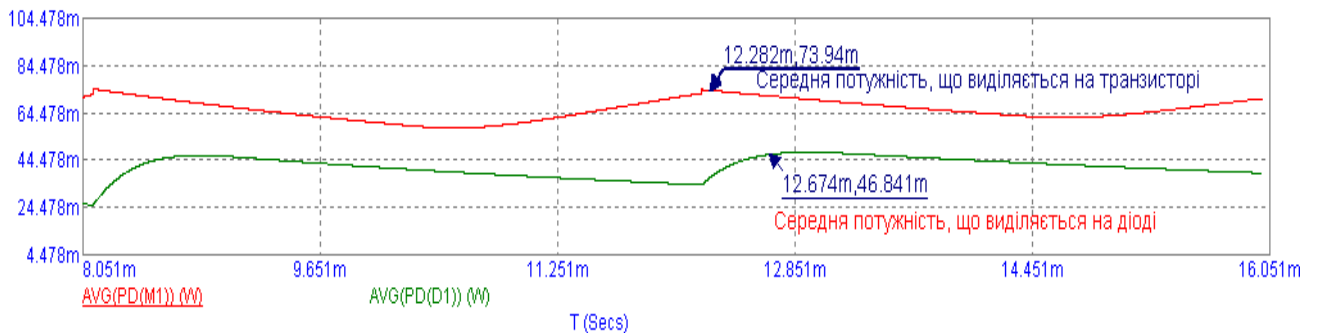


Рисунок 4.7 - Графік потужності середньої, що виділяється на діоді та транзисторі

#### 4.4.5 Блок - схема алгоритму

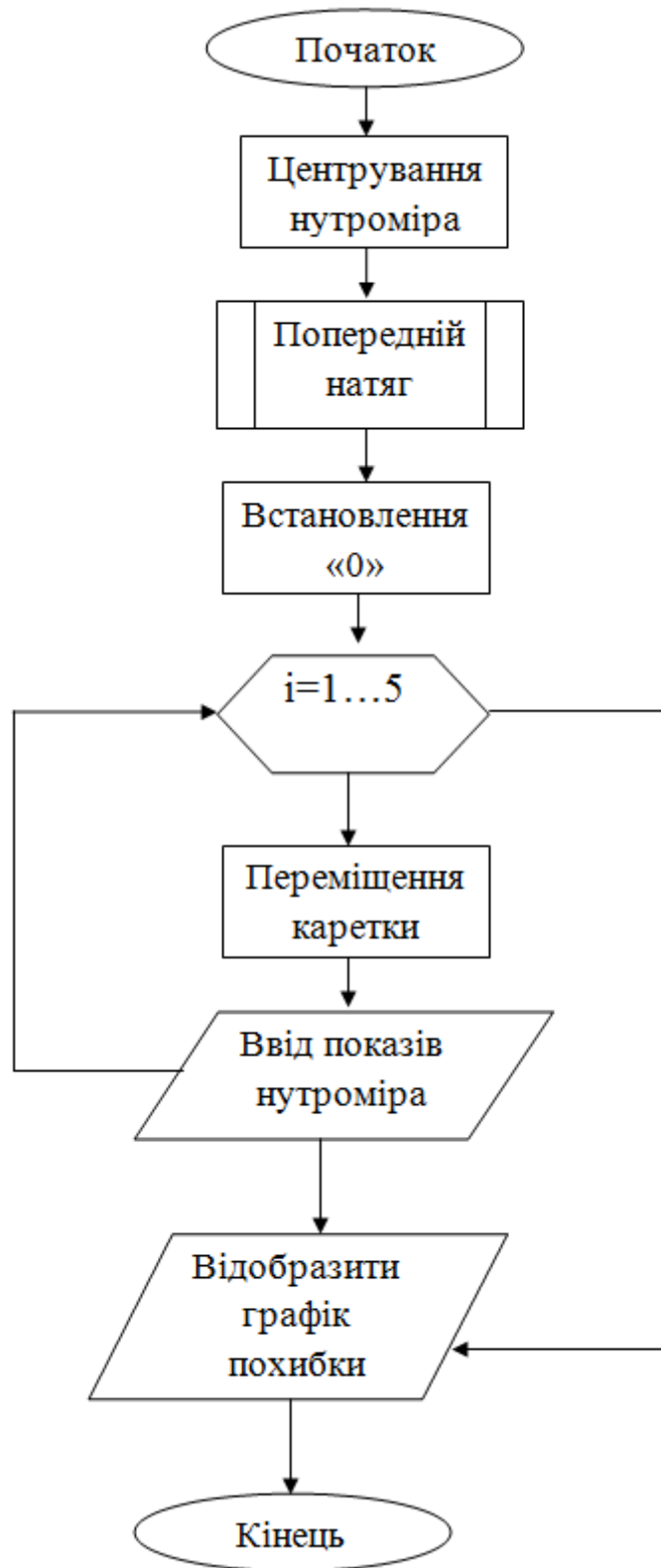


Рисунок 4.8 - Блок-схема алгоритму роботи програми з оператором

Ось як працює програма. Випробування спочатку має бути відцентрованим, себто проходить в механізмі затискному, тоді з використанням

двигуна 1 натяг нутроміра відбувається, значення натягу приладу вимірювального буде не менше 50 мкм відповідно до ДСТУ 868-82. Потім повинно відбутися встановлення нутроміра індикаторного на нуль з використанням обертового вимірювального пристрою чи обнулюючої кнопки на головки мікрометричної.

Потім виконується калібрування. Проводимо зміну розташування двигуна крокового 2, що приводить в рух каретку, в якій розташовані призми з визначеним кутом  $\alpha$ , вона рухається на певну відстань, таким чином діаметр змінюється. Відповідно до ДСТУ 868-82 цей процес необхідно виконати не менше п'яти разів, щоб охопити весь діапазон вимірювань головки мікрометра. Дані вимірних результатів зберігаються на ПК за допомогою програми, яка робить порівняння зміни положення двигуна з показаннями вимірювань на нутромірі, показуючи графіки та визначаючи результати похибок.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Підвищення стійкості роботи підприємств приладобудівної галузі у воєнний час

### 5.1.1 Визначення стійкості роботи приладобудівного підприємства

Під стійкістю роботи приладобудівного підприємства господарювання будь-якої форми власності розуміють здатність його в умовах воєнного часу випускати продукцію в запланованому обсязі й номенклатурі, а при одержанні слабких і середніх руйнувань, порушенні зв'язків по кооперації і постачанням відновлювати виробництво в мінімальний термін.

Здатність підприємства випускати продукцію залежить від захисту і нормального функціонування чотирьох основних елементів сучасного виробництва, якими є:

- виробничий персонал (робітники та службовці);
- будинки і споруди з технологічним устаткуванням;
- система постачання енергією, водою, паливом, устаткуванням і ремонтною базою;
- система виробничих і кооперативних зв'язків з іншими об'єктами.

Тому стійкість роботи приладобудівного підприємства в цілому в умовах надзвичайних ситуацій воєнного часу визначається наступними факторами:

- надійністю захисту робітників та службовців від усіх вражаючих факторів зброї масового ураження;
- здатністю інженерно-технічного комплексу (ІТК) підприємства протистояти вражаючим факторам ядерного вибуху;
- надійністю системи постачання підприємства всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, що комплектують виробами, електроенергією, водою, газом тощо);
- захищеності підприємства від вторинних вражаючих факторів (пожеж, вибухів, затоплень, зараження місцевості отруйними і сильнодіючими отруйними речовинами);

- стійкістю і безперервністю керування виробництвом і цивільним захистом;

- підготовленість підприємства до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт і робіт з відновленням порушеного виробництва.

Перераховані фактори визначають собою й основні, загальні для всіх приладобудівних підприємств, шляхи підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а саме:

- забезпечення надійного захисту робітників та службовців від вражаючих факторів зброї масового ураження;

- захист основних виробничих фондів від вражаючих факторів, у тому числі й від вторинних;

- підвищення надійності й оперативності керування виробництвом;

- забезпечення стійкості постачання всім необхідним для випуску запланованої на час надзвичайних ситуацій продукцією;

- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Дослідження стійкості підприємства проводиться силами інженерно-технічного персоналу із залученням фахівців науково-дослідних і проектних організацій, пов'язаних із даним підприємством.

Підвищення стійкості роботи об'єкта господарювання є складною задачею, що вимагає великих матеріальних витрат і постійної уваги з боку всіх органів цивільного захисту.

Заходи щодо підвищення стійкості роботи об'єкта господарювання в умовах воєнного часу проводяться як у мирний час, воєнний час так і при загрозі нападу супротивника.

На мирний час плануються, головним чином, трудомісткі заходи, що вимагають значних матеріальних витрат і часу. Економічна ефективність цих заходів може бути досягнута при їхньому максимальному пов'язанні з задачами по забезпеченню безаварійної роботи об'єкта, поліпшенню умов праці, удосконалюванню виробничого процесу.

## 5.2 Заходи по підвищенню стійкості роботи підприємств приладобудівної галузі

### 5.2.1 Захист працівників підприємства

Захист робітників та службовців в умовах надзвичайної ситуації воєнного часу - це найголовніша задача по підвищенню стійкості роботи приладобудівного підприємства. Робітники й службовці – головна продуктивна сила і тому стійкість економіки визначається, насамперед, здатністю захистити і зберегти цю силу.

Військові конфлікти супроводжуються руйнуванням будинків, споруджень і знищенням основної продуктивної сили – працюючого населення. Тому серед усіх задач по підвищенню стійкості роботи підприємств приладобудівної основною задачею є завчасне вживання заходів по забезпеченню захисту робітників та службовців і членів їхніх родин.

Захист робітників та службовців від зброї масового враження в сучасних умовах здійснюється трьома основними способами:

- укриття людей у захисних спорудженнях (сховищах, протирадіаційних укриттях);
- проведення евакуації робітників, службовців і членів їхніх родин;
- використання засобів індивідуального захисту, а також проведенням заходів щодо протирадіаційного, протихімічного і проти бактеріологічного захисту з урахуванням конкретних обставин.

Варто також підкреслити, що найважливішою умовою успішного вирішення задачі захисту людей є навчання їх правилам дії по сигналах оповіщення цивільного захисту, застосуванню способів і засобів захисту, наданню самопомоги і взаємодопомоги, діям у складі формувань цивільного захисту.

### 5.2.2 Вимоги до систем електропостачання

Електропостачання є основою усякого виробництва. Порушення нормальної подачі електроенергії на підприємство чи окремі ділянки виробництва може призвести до повного припинення роботи підприємства.



Для забезпечення надійного електропостачання в умовах війни при його проектуванні та будівництві повинні бути враховані наступні основні вимоги, що впливають із задачі цивільного захисту:

1. Електропостачання повинне здійснюватися від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива.

2. Районні понижуючі станції, диспетчерські пункти енергосистем і лінії електропередач варто розміщати за межами зон можливих сильних руйнувань.

3. Постачання електроенергією підприємств, що не припиняють роботу у воєнний час, необхідно передбачати від двох незалежних джерел. При електропостачанні підприємства від одного джерела повинне бути не менш двох уведень з різних напрямків.

4. Трансформаторні підстанції необхідно надійно захищати, їхня стійкість повинна бути не нижчою ніж стійкість самого підприємства.

5. Електроенергію до ділянок виробництва варто подавати по незалежних електрокабелях, прокладених у землі на глибині 0,8 – 1,2 м.

6. Крім того, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Для цього можна використовувати пересувні електростанції на залізничних платформах і судах, малопотужні електростанції, не включені в енергосистеми, тощо.

7. При проектуванні систем електропостачання варто зберігати в якості резервних дрібні стаціонарні електростанції підприємств.

8. Система електропостачання повинна мати захист від впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

#### 5.2.2 Вимоги до систем водопостачання

Нормальна робота багатьох підприємств залежить від безперебійного їхнього постачання технічною і питною водою. Потреба промислових підприємств у воді порівняно висока.

Порушення постачання водою підприємств може призвести до їх зупинки і викликати ускладнення в проведенні рятувальних робіт у осередку ураження.

Для підвищення стійкості постачання підприємства водою слід дотримуватися таких умов:

1. Необхідно, щоб система водопостачання базувалася не менше, ніж на двох незалежних джерелах, один із яких доцільно влаштовувати підземним.

2. Для підвищення стійкості постачання підприємств водою необхідно, щоб система водопостачання базувалася не менше, ніж на двох незалежних джерелах, один із яких доцільно влаштовувати підземним.

3. На підприємствах мережі водопостачання у всіх випадках повинні бути закільцьовані. Водопровідне кільце підприємства повинне живитися від двох різних міських магістралей. Крім того, у містах і безпосередньо на промислових підприємствах варто споруджувати герметизовані артезіанські щілини. Системи водопостачання, що споруджуються знову, варто живити, якщо це можливо, від підземних джерел. Постачання об'єктів водою з відкритих водойм (рік, озер) повинне здійснюватися системою головних споруджень, розміщених поза зонами сильних руйнувань.

4. Артезіанські щілини, резервуари чистої води і шахтні колодязі повинні бути пристосовані для роздачі води в пересувну тару. Резервуари чистої води варто обладнати герметичними люками і вентиляцією з очищенням повітря від пилу.

5. При наявності в місті декількох самостійних водопроводів необхідно передбачати з'єднання їх перемичками з дотриманням санітарних правил. При будівництві нових водопроводів існуючі, повинні зберігатися як резервні.

6. Стійкість мереж водопостачання підвищується при заглибленій в ґрунт усіх ліній водопроводу і розміщенні пожежних гідрантів і пристроїв, що відключають, на території, що не може бути завалена при руйнуванні будинків, а також пристрої перемичок, що дозволяють відключати ушкоджені лінії і спорудження.

7. На підприємствах варто передбачати оборотне використання води для технічних цілей, що зменшує загальну потребу у воді і, отже, підвищує стійкість водопостачання.

## ВИСНОВКИ

У цій роботі було розроблено інструмент для повірки нутроміра індуктивного, при межах для проведення повірки 6-50 мм, та перевірки використаного методу вимірювання. Було проведено автоматизацію пристрою.

Вибір мікроконтролера (в даному випадку ADuC841) було запропоновано та пояснено в окремому розділі.

Для оцінки похибки приладу та для перевірки точності вимірювання було розроблено модель математичну, згідно якої за допомогою програми Matlab створено графічні зображення нечутливої області приладу.

За допомогою цього пристрою можна досягнути спрощення процесу повірки для нутромірів індикаторних, зберігаючи вхідні дані на ПК; також можливо зменшити похибку вимірювання, що допускається.

За результатами роботи:

- Проведено розробку пристрою автоматизованого для повірки нутромірів індикаторних.
- Для перевірки точності вимірювань розроблено математичну модель оцінки похибки приладу
- Було створено схему керування пристроєм з метою його автоматизації при використанні сучасних апаратних засобів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Измерения в промышленности, справочник, том 1, /Под ред. профессора П. Профоса, – М.:Металлургия, 1990,– 492 с.
2. Павлице В.Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин.- Київ:Вища школа,1993.- 560с.
3. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении М.: Машиностроение, 1971,-387с.
4. Справочник по производственному контролю в машиностроении, /Под ред. А. К. Кутая, – М.:Машиностроение,1974,– 676с.
5. Курсовое проектирование деталей машин, / Под ред. С.А. Чернавского,– М.:Машиностроение, 1989,– 416с.
6. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Под ред. И.Н. Жестковой.– М.: Машиностроение, 2001.
7. Анурьев В. И., Справочник конструктора-машиностроителя, том 1, – М.: Машиностроение, 1979, - 728с
8. Машиностроительные материалы, краткий справочник, (Под ред. В.М. Раскатрова), М.: Машиностроение, 1980, - 511с.
9. Анурьев В. И., Справочник конструктора-машиностроителя, том 1, – М.: Машиностроение, 1979, - 728с.
10. Курсовое проектирование технологии машиностроения , (Под ред. А.Ф. Горбачевича), – Минск: Высшая школа , 1975, - 288с.
11. Малов А.Н., Справочник технолога машиностроителя, том 2 –М.: Машиностроение, 1973, - 568 с. .
12. Горошкин А.К, Приспособления для металлорежущих станков, Машиностроение, 1979, - 384с.
- 13.Общемашиностроительные нормативы режимов резания на металлорежущих станках, части 1,2, – М.: Машгиз , 1974.