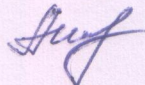


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра: Морського приладобудування

«Допущений до захисту»

В.о. завідувача кафедри



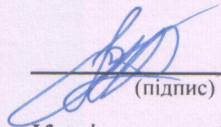
Гайдай Г.Ю.

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Стенд для перевірки геометричної точності повірочних плит»

Виконав: студент групи 6631м

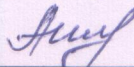


(підпис)

Вартанян В.Е.

Керівник роботи:

В.о завідувача кафедри морського
приладобудування, к.т.н., доц.



(підпис)

Гайдай Г.Ю.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

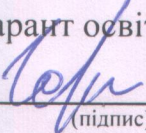
Кафедра морського приладобудування

Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

Освітня програма «Вимірювально-інформаційні системи»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 Гордєєв Б.М.
(підпис)

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Вартаняну Владиславу Едуардовичу
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Стенд для перевірки геометричної точності повірочних плит»

Керівник роботи Гайдай Ганна Юріївна, кандидат технічних наук, доцент

Затверджені наказом ректора № 1217-уч від «14» _____ 10 _____ 2025 року

2. Термін подання роботи: 17.12.25

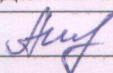
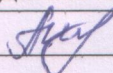
3. Вихідні дані по роботі: дсту 3516 ; дсту 2631 ; дсту 17025

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів): _____

1. Огляд плит повірочних та аналіз методик їх повірки; 2. Розробка технічного завдання; 3. Розробка структурної схеми установки для визначення відхилення від повірочних та розмірочних плит; 4. Розробка електричної принципової схеми сполучення перетворювача з ЕОМ; 5. Метрологічне забезпечення; 6. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів: 1. Електрична принципова схема блоку сполучення перетворювача з ЕОМ; 2. Структурна схема перетворювача; 3. Креслення вимірювальної каретки для горизонтальних поверхонь; 4. Креслення вимірювальної каретки для вертикальних поверхонь; 5. Друкована плата електронного блоку.

6. Консультанти розділів роботи

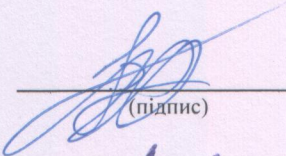
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
607	Тубальцев А.М.		

7. Дата видачі завдання « 3 » 09 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

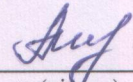
№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд плит повірочних та аналіз методик їх повірки	30.09.25 - 22.09.25	вик
2.	Розробка технічного завдання	22.09.25 - 13.10.25	вик
3.	Розробка структурної схеми установки для визначення відхилення від повірочних та розмірочних плит	13.10.25 - 27.10.25	вик
4.	Розробка електричної принципової схеми сполучення перетворювача з ЕОМ	27.10.25 - 10.11.25	вик
5.	Метрологічне забезпечення	10.11.25 - 24.11.25	вик
6.	Охорона праці	24.11.25 - 17.12.25	вик

Студент


(підпис)

Вартанян В.Е.
(ПІБ)

Керівник роботи


(підпис)

Гайдай Г.Ю.
(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Вартанян В.Е. «Стенд для перевірки геометричної точності повірочних плит». Кваліфікаційна робота зі спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології», освітньої програми «Вимірювально-інформаційні системи». Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова. 2025 рік. 108 сторінок.

У кваліфікаційній роботі розроблено мобільну установку для визначення відхилення від площини повірочних і розмірочних плит, а також систему її метрологічного забезпечення та протокольного підтвердження результатів вимірювань. Проведено аналіз існуючих методів контролю відхилення від площини, обґрунтовано вибір технічних засобів і структурних рішень. Розроблено структурну та принципову електричну схеми, виконано розводку друкованої плати, підготовлено методику проведення метрологічної атестації та форму протоколу калібрування плит. Отримані результати забезпечують підвищення точності, надійності та зручності виконання вимірювань у лабораторних і виробничих умовах.

Ключові слова: Повірочна плита; розмірочна плита; електронний рівень; перетворювач; реєстратор температури; автоматичне регулювання; метрологічне забезпечення.

ABSTRACT

Vartanyan V.E. «Stand for checking the geometric accuracy of surface plates». Qualification work in specialty 175 «Information and Measuring Technologies», educational program «Measuring and Information Systems». – Mykolaiv: Admiral Makarov National University of Shipbuilding, 2025, 108 pages.

The qualification work presents the development of a mobile unit for determining deviations from the plane of reference and marking plates, as well as a system of its metrological support and protocol-based confirmation of measurement parameters. The analysis of existing methods for measuring deviations from the plane has been carried out, and the selection of technical means and structural solutions has been justified. A structural and schematic electrical diagram has been developed, a printed circuit board has been designed, and a methodology for metrological certification and a calibration protocol form for the plates have been prepared. The obtained results improve the accuracy, reliability, and convenience of measurement procedures in laboratory and industrial conditions.

Keywords: Reference plate; marking plate; electronic level; transducer; temperature recorder; automatic control; metrological support.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПЛИТ ПОВІРОЧНИХ ТА АНАЛІЗ МЕТОДИК ЇХ ПОВІРКИ	10
1.1 Плити повірочні і розміточні	10
1.2 Огляд існуючих ЗВТ і методик визначення відхилення від площини робочих поверхонь плит	16
Висновки за розділом 1.....	21
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	22
2.1 Загальні відомості про установку	22
2.2 Призначення і мета створення установки	22
2.3 Вимоги до установки	23
2.4 Порядок контролю і приймання	25
2.5 Зазначення мір безпеки	25
Висновки за розділом 2.....	25
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДХИЛЕННЯ ВІД ПОВІРОЧНИХ ТА РОЗМІТОЧНИХ ПЛИТ	26
3.1 Повірочна та розміточна плита	27
3.2 Рівень брусковий	27
3.3 Розрахунок індуктивного датчика	29
3.4 Склад та принцип роботи перетворювача	34
3.5 Електронний блок	36
3.6 Температурний реєстратор DS1922E	37
Висновки за розділом 3.....	48
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СПОЛУЧЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ЕОМ	49
4.1 Мікроконтролер ATmega16	49
4.2 Периферійні пристрої	53

4.3 Архітектура ядра	54
4.4 Тактування	55
4.5 Аналого-цифровий перетворювач	56
4.6 Підвищення точності перетворення	56
4.7 Мікросхема PST529	58
4.8 Прецизійне джерело опорної напруги REF198	59
4.9 Мікросхема MAX3232	60
4.10 Пристрій автоматичного регулювання	61
Висновки за розділом 4.....	62
РОЗДІЛ 5. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	63
5.1 Метрологічне забезпечення на стадії розробки технічного завдання та проектування конструкторської документації	63
5.2 Метрологічне забезпечення на стадії розробки	66
5.3 Метрологічне забезпечення на стадії випробування	66
5.4 Метрологічне забезпечення на стадії атестації установки	66
Висновки за розділом 5.....	84
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	85
6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людину, яка працює з мобільною установкою для визначення відхилень від площини повірочних та розмірочних плит	86
6.2 Розрахунок освітлення приміщення	94
6.3 Заходи щодо зменшення впливу шкідливих факторів	96
Висновки за розділом 6	100
ВИСНОВКИ.....	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	102
ДОДАТКИ	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЦП – аналогово цифровий перетворювач;

ПАР – пристрій автоматичного регулювання;

ПП – печатна плата;

МЕ – метрологічна експертиза;

ЕОМ – електронно обчислювальна машина;

ТЗ – технічне завдання;

ПМА – програма і методика атестації;

НД – нормативні документи;

МА – метрологічна атестація;

ЗВТ – засоби вимірювальної техніки;

ВСТУП

В сучасному світі велике значення в економічній діяльності підприємства має конкурентоспроможність продукції, що виробляється. Це переважно полягає в якості продукції.

При формуванні якості продукції на машинобудівному підприємстві вимірювальна інформація про геометричні розміри, форми та розміщення поверхонь повинна бути істиною. Тобто для цього необхідно застосовувати ЗВТ, що мають достатні метрологічні характеристики, надійність та продуктивність контролю з врахуванням рівня розвитку науково технічного прогресу.

Тому, підвищення рівня метрологічного забезпечення плит повірочних та розмічальних обумовлено їхнім місцем в забезпеченні якості продукції, так як на них проводиться розмітка перед виготовленням та остаточний контроль деталей після виготовлення.

Дана проблема і дала поштовх до розробки мобільної установки для визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПЛИТ ПОВІРОЧНИХ ТА АНАЛІЗ МЕТОДИК ЇХ ПОВІРКИ

1.1 Плити повірочні та розміточні

Плити повірочні та розміточні призначені для повірочних робіт, і можуть бути використані як основи під високоточні прилади, різні засоби вимірювань, а також призначені для повірки площинності по методу плям «на фарбу» і для використання як допоміжне устаткування для різних контрольних операцій в цехових і лабораторних умовах [2].

Плити виготовляються з чавуну і твердих порід (граніту, діоріта, діабазу, габбро) в такому виконанні:

- 1 – з ручною шабровкою робочих поверхонь (класи точності 00; 0; 1);
- 2 – з механічно обробленими робочими поверхнями (класи точності 1; 2; 3);

Гранітні (класи точності 00; 0 для будь-якого виконання):

3 – плити без бортових захоплювачів, з нормованими допусками перпендикулярності бічних поверхонь до робочої поверхні і взаємної перпендикулярності бічних поверхонь;

4 – плити з двома бортовими захоплювачами і нормованим допуском перпендикулярності двох бічних поверхонь до робочої поверхні;

5 – плити з чотирма бічними захоплювачами і нормованим допуском перпендикулярності бічних поверхонь до робочої і взаємної перпендикулярності бічних поверхонь одного із кутів плити [7].

Повірочні плити випускаються наступних класів точності 00, 0, 1, 2 і 3 (плити класу 3 зазвичай використовуються як розміточні).

На рисунку 1.1 представлена чавуна повірочна та розміточна плита, а на рисунку 1.2 гранітна повірочна та розміточна плита.



Рис. 1.1 – Чавуна повірочна та розміточна плита



Рис. 1.2 – гранітна повірочна та розміточна плита

Плити повинні виготовлятися відповідно до ГОСТ 10905-86 [7] за робочими кресленнями, затвердженими в установленому порядку.

Допуск площинності робочих поверхонь плит не повинен перевищувати значень вказаних в таблиці 1.1, при температурі:

- $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ для плит класу точності 00;
- $(20 \pm 4)^\circ\text{C}$ для плит класу точності 0 і 1;
- $(20 \pm 6)^\circ\text{C}$ для плит класу точності 2 і 3.

Таблиця 1.1

Допуск площинності робочих поверхонь плит

Розміри плит, мм	Допуск площинності для класів точності, мкм				
	00	0	1	2	3
250×250	2	4	8	16	30
400×400	3	6	12	25	50
630×400	4	8	16	30	60
1000×630	5	10	20	40	80
1600×1000	6	12	25	50	100
2000×1000	8	16	30	60	120
2500×1600	8	16	30	60	120

Під неплоскiстю плити мають на увазі найбільшу відстань від точок реальної поверхні до прилеглої площини, що торкається трьох найбільш виступаючих точок реальної поверхні.

Для зменшення ваги плити виготовляються з ребрами жорсткості. Щоб уникнути підвищеної концентрації напружень в місцях сходження ребер, ці точки розташовують рівномірно по плиті, по можливості зменшуючи число ребер, що сходяться в одному місці.

Плити розміром до 630×400 мм повинні мати три опорні точки, щоб забезпечити стабільну площинність її поверхні при установці на нерівній поверхні столу.

Плити розміром 1000×630 мм і більше повинні мати не менше п'яти регульованих опор. При установці великих плит шляхом регулювання опор потрібно забезпечити рівномірний розподіл навантаження на всі опорні точки, і вирівнювання поверхні плити (перевіряється лінійкою, рівнем і т. п.).

Плити виготовляються із сірого чавуну марки СЧ 18-36 по ГОСТ 1412. Твердість робочої поверхні плит повинна знаходитися в межах 170-229 НВ. Напруження відливання повинні бути усунені шляхом старіння.

Гранітні плити повинні виготовлятися з діабазу, габбро і різних видів граніту, які мають границю міцності на стиснення не менше 264,9 МПа. Матеріал повинен мати однорідну структуру. Колір кожної плити повинен бути рівномірним. Допускається неоднорідність структури і кольору плит, які не впливають на експлуатаційні якості.

На поверхні чавунних і гранітних плит не повинно бути тріщин, вибоїн і інших дефектів, які псують зовнішній вигляд плит і впливають на експлуатаційні якості.

Виправлення дефектів на робочій поверхні плит не допускається.

У чавунних плит внутрішні напруження повинні бути зняті. Плити мають бути розмагнічені.

Гранітні плити, відрізняючись високою твердістю і антикорозійністю, практично не мають ніяких внутрішніх напружень, що визначає їх підвищений термін служби (у 8-10 разів) в порівнянні з чавунними плитами. Виключена необхідність в розмагнічуванні. До позитивної якості цих плит відносяться також відсутність поверхневого глянцю, який стомлює очі робітника.

Робоча поверхня повірочних плит, що призначені для роботи по методу плям «на фарбу», повинна бути шаброваною. Повірочні плити, що призначені для іншої мети, можуть бути шліфовані або притерті. Розмічальні плити можуть бути чисто стругані. Їх робоча поверхня може бути розділена на прямокутники неглибокими повздовжніми і поперечними борозенками.

Площинність повірочних плит зазвичай повіряється по методу лінійних відхилень. Шабровані плити додатково повіряються методом плям «на фарбу».

При цьому число плям в квадраті із стороною 25 мм повинне бути не менше 25 - для плит класів 00 і 0; 20 плям - для плит класу 1. Розташування плям повинне бути рівномірним по всій поверхні. Різниця числа плям в будь-яких двох квадратах із стороною 25 мм повинна бути не більше п'яти.

Допуск площинності і число плям у чавунних плит не встановлюється на відстані до 5 мм від країв плит розмірами 630×400 мм і не менше 10 мм від країв плит понад 630×400 мм, гранітних плит на відстані 10 мм від країв плит розмірами 630×400 мм і до 20 мм від країв плит розмірами понад 630×400 мм.

Найбільший прогин плит виконання 1 і 2 під дією зосередженого навантаження на площі прикладання, яка дорівнює $1/5L \times 1/5B$ (L - довжина, B - ширина плити) в будь-якому місці робочої поверхні не повинен перевищувати значень, які наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Допуск прогину плит

Розміри плит, мм	Зосереджене навантаження, Н	Найбільший прогин, мкм
250×250	78	0,5
400×400	196	1,0
630×400	490	2,0
1000×630	980	4,0
1600×1000	2450	10,0
2000×1000	2450	10,0
2500×1600	4900	20,0

Найбільший прогин плит виконання 3-5 під дією зосередженого навантаження на площі прикладання, яка дорівнює $1/5L \times 1/5B$ у будь-якому місці робочої поверхні не повинен перевищувати значень, які наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Допуск прогину плит

Розміри плит, мм	Зосереджене навантаження, Н	Найбільший прогин, мкм
250×250	78	0,4
400×400	196	0,8
630×400	490	1,8
1000×630	980	3,5
1600×1000	2450	8,0
2000×1000	4900	16,0
2500×1600		

Шорсткість робочих поверхонь механічно оброблених чавунних (виконання 2) і гранітних плит по ГОСТ 2789 повинна відповідати вказаній в таблиці 1.4.

Таблиця 1.3

Допуск шорсткості робочих поверхонь плит

Розміри плит, мм	Параметр шорсткості R_a робочих поверхонь, мкм, плит класу точності			
	00	0	1	2 та 3
Від 250×250 до 630×400	0,32	0,32	0,63	1,25
Від 1000×630 до 2500×1600			1,25	

Повірка плит на відхилення від площини зазвичай ведеться по зразкових плитах.

Зразкові плити виготовляються комплектно по 3 шт. для забезпечення можливості їх взаємної повірки.

При їх повірці в будь-якому поєднанні повинне виходити задане число плям в квадраті із стороною 25 мм. За цієї умови забезпечується дійсно плоска

поверхня плит (щільне прилягання поверхонь двох плит, що визначається за плямами фарби, ще не може служити доказом їх площинності, оскільки плити можуть бути прошабровані по взаємно сферичній поверхні).

Повірка лінійних відхилень від площини може замінюватися перевіркою прямолінійності поверхні в різних напрямках, яка здійснюється різними способами.

Найбільш поширеним є будування профілю плити за допомогою точного рівня. При вимірюванні площинності методом лінійних відхилень за допомогою індикатора поверхню, що перевіряється, вивіряють так, щоб відстані від трьох точок рівномірно розташованих по периферії поверхні до базової поверхні повірочної плити були однаковими. Різниця найбільшої і найменшої відстаней від точок поверхні, що перевіряється, до базової поверхні береться за величину площинності.

Вплив кліматичних факторів середовища при транспортуванні перевіряють на типовому представнику при проведенні періодичних випробувань в кліматичних камерах. Випробування проводять після дво годинної витримки плит в кожному режимі в кліматичних камерах при температурі $(-50\pm 3)^{\circ}\text{C}$ і $(+50\pm 3)^{\circ}\text{C}$ і при відносній вологості $(95\pm 3)\%$.

Випробування на дію трясіння проводять при транспортуванні упакованих плит на вантажній автомашині при русі по ґрунтовій дорозі на відстань 250 км. зі швидкістю 20-40 км/год.

Після випробувань відхилення від площини не повинні перевищувати значень, які вказані в таблиці 1.1.

1.2 Огляд існуючих ЗВТ і методик визначення відхилення від площини робочих поверхонь плит

В даний час відхилення від площини робочих поверхонь плит визначають за допомогою таких засобів вимірювання: автоколіматор, оптична лінійка, бульбашковий рівень, мікронівелір. Існує безліч різних методик визначення відхилення від площини плит. Розглянемо ці методики:

Методика вимірювання відхилення від площинності автоколіматором

Плоске дзеркало, що входить в комплект автоколіматора, закріплюють на вимірювальній каретці, відстань між опорами якої встановлюють рівним відстані між точками, що перевіряються. При перевірці плит розміром від 400×400 до 1000×630 мм в якості вимірювальної каретки можна використати синусну лінійку з відстанню між опорами 100 мм [15].

Автоколіматор встановлюють поряд з останньою точкою перерізу, що перевіряється, на жорстку опору, яка забезпечує стабільність кутового положення його оптичної вісі. Вісь автоколіматора направляють уздовж перерізу, що перевіряється. Якщо труба автоколіматора має можливість обертатися навколо горизонтальної вісі, то її розвертають так, щоб значення цифр на вертикальних шкалах збільшувались знизу до гори. Якщо труба закріплена жорстко, а значення цифр на вертикальних шкалах зростають зверху до низу, то автоколіматор слід встановити біля точки з номером 0.

Якщо за будь-яких причин неможливо встановити автоколіматор так, як це вказано вище, можна розташувати його на протилежному боці, проте в цьому випадку при обробці результатів знаки отриманих відхилень від допоміжної площини слід замінити на зворотні.

Каретку з дзеркалом поміщають на найближчу до автоколіматора ділянку перерізу, що перевіряється. При цьому центр дзеркала розташовують навпроти центру об'єктива. Регулюючи нахил дзеркала і труби автоколіматора, добиваються появи автоколімаційного зображення автоколімації марки автоколіматора у полі зору окуляра і суміщають його з одним із центральних штрихів хвилинної шкали.

Потім перевіряють яскравість зображення автоколімації, встановлюючи дзеркало на найбільш віддалену ділянку перерізу. При недостатній яскравості зображення проводять повторне регулювання положення автоколіматора і дзеркала, після чого приступають до вимірювань. Для прискорення процесу вимірювання застосовують повірочну лінійку типу ШД, довжина якої дорівнює довжині перерізу, що перевіряється, або перевищує її. Поклавши лінійку уздовж

перерізу, який перевіряється, так, щоб вона дотикалася плити бічними поверхнями, робочу поверхню лінійки використовують як направляючу, вздовж якої переміщують каретку з дзеркалом. Це обмежує зміну кутового положення дзеркала в горизонтальній площині і забезпечує розташування зображення автоколімації у полі зору автоколіматора.

При вимірюванні в крайніх перерізах опори вимірювальної каретки встановлюють навпроти відміток на бічній поверхні плити. Положення точок, що перевіряються, в проміжних і діагональних перерізах визначають рулеткою, натягнутою між відмітками на протилежних бічних поверхнях плити, або по відмітках на повірочній лінійці типу ШД.

Встановивши каретку з дзеркалом на першу ділянку, яка обмежена точками 0 і 1, знімають відлік α_1 по автоколіматору, після чого каретку послідовно встановлюють на решту ділянок перерізу, що перевіряється, і знімають значення $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \dots, \alpha_n$. Результат вимірювань заноситься в таблицю.

Потім автоколіматор встановлюють навпроти наступного перерізу і повторюють всі операції в такій же послідовності.

Щоб не проводити регулювання положення автоколіматора при його перестановці, плити розміром до 630×400 мм рекомендується повіряти на плиті більшого розміру, використовуючи її як опору для автоколіматора.

Методика вимірювання відхилення від площинності оптичною лінійкою

При повірці плит розміром до 630×400 мм плиту, що повіряється, і оптичну лінійку рекомендується встановлювати на плиту більшого розміру. Лінійку поміщають на домкрати, якими регулюють її положення по висоті.

При повірці плит більшого розміру оптичну лінійку встановлюють безпосередньо на поверхню плити, що повіряється. В цьому випадку відстань опор лінійки від країв плити повинна бути достатньою для установки каретки при перевірці крайніх точок.

Вимірювання проводять спочатку в діагональних перерізах. Оптичну лінійку встановлюють уздовж однієї з діагоналей, регулюванням висоти опор добиваються, щоб показання в двох крайніх точках були однаковими і записують їх в таблицю. Потім проводять вимірювання в центральній точці. При установці вимірювального наконечника каретки на крайні точки одна з опор виходить за межі плити, що повіряється. Її слід підтримувати рукою. Таким же чином проводять вимірювання у відповідних точках другої діагоналі.

Положення точок, що перевіряються, в крайніх перерізах визначають по відмітках на бічних поверхнях плити, а в проміжних - за шкалою на корпусі оптичної лінійки. При перевірці повздовжніх і поперечних перерізів різниця вимірювань в крайніх точках не повинна перевищувати 5-10 мкм.

Методика вимірювання відхилення від площинності бульбашковим рівнем і мікронівеліром

Рівень закріплюють на вимірювальній каретці з відповідною відстанню між опорами, а ампулу мікронівеліра - на одній із змінних основ, що входять в його комплект.

Положення точок, що перевіряються, в перерізах визначають таким же чином, як при вимірюванні автоколіматором. При вимірюванні визначають на кожній ділянці контрольованого перерізу зміщення бульбашки ампули рівня або мікронівеліра відносно нульових штрихів шкали. За нульові умовно приймають два великі штрихи *A* і *B*, які розташовані симетрично відносно нуль-пункта рівня на відстані один від одного, що дорівнює довжині бульбашки. Зміщення лівого кінця бульбашки відраховують від штриха *A*, зміщення правого кінця бульбашки - від штриха *B*. При зміщенні кінця бульбашки праворуч від відповідного нульового штриха відлік записують із знаком «плюс», при зміщенні ліворуч - із знаком «мінус».

Встановивши каретку так, щоб опори розташовувалися на точках, що обмежують крайню ліву ділянку перерізу, що перевіряється, чекають повного заспокоєння бульбашки і знімають відліки обох кінців в поділках шкали ампули

з точністю до 0,1 поділки. Відліки записують в таблицю навпроти точки з номером 1. Потім каретку переміщують послідовно на всі ділянки перерізу, що перевіряється, і знімають відліки аналогічним чином. Закінчивши вимірювання в одному перерізі, встановлюють каретку на крайню ліву ділянку наступного перерізу і продовжують вимірювання.

Методика вимірювання відхилення від площини зв'язання із зразковими повірочними лінійками за допомогою компаруючого пристрою або пристроїв з вимірювальними головками

При вимірюванні використовують повірочні лінійки і компаруючий пристрій.

Спочатку проводять вимірювання в діагональних перерізах. Зразкову лінійку поміщають на опорні призми, що входять до складу компаруючого пристрою (або пристрою з вимірювальними головками), і встановлюють її вздовж однієї з діагоналей плити так, щоб середина лінійки співпала з центром плити. У центральну точку плити встановлюють стійку з вимірювальною головкою, піднімають її до стикання вимірювального наконечника з робочою поверхнею зразкової лінійки і, встановивши на шкалі близьке до нуля показання, закріплюють головку в стійці. Потім проводять вимірювання в двох крайніх точках діагоналі, записуючи результат вимірювання в протокол, після чого виконують вимірювання в другому діагональному перерізі.

При вимірюванні в крайніх перерізах положення точок, що перевіряються, визначаються відмітками на бічних поверхнях плити, а в проміжних - відмітками на бічних поверхнях повірочних лінійок.

Показання по індикатору a_0 , a_1 , a_2 , a записують в протокол.

Методика вимірювання відхилення від площинної гідростатичним рівнем

Вимірювання проводять тільки в повздовжніх перерізах. Одну вимірювальну головку встановлюють на одну з кутових точок плити,

а другу - послідовно на всі точки, що перевіряються, і кожного разу знімають показання з обох головок. Показання записують в протокол довільної форми.

Висновки за розділом 1

Аналізуючи конструкцію повірочних та розмірочних плит, а також вивчивши існуючі методики їх повірки, можна визначити ряд особливостей:

- значна трудомісткість повірочного процесу;
- тривале зняття показань вимірювань та їх обробка вручну;
- значний вплив людського фактору на результат вимірювання, який прямо пов'язаний з точністю отримання результатів;
- неможливість повірки плит безпосередньо на місці їх установки.

Виходячи з зазначеного, виникає нагальна потреба в створенні автоматизованої установки отримання показань та обробки результатів вимірювань із застосуванням сучасних електронних вимірювальних приладів пов'язаних з ЕВМ.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Загальні відомості про установку

Найменування – «Стенд для визначення відхилень від площини повірочних плит».

Установка може застосовуватися на підприємствах та заводах машинобудування. Розробка установки проводиться з орієнтацією на НВКГ «Зоря – Машпроект».

Позначення установки при замовленні: мобільна установка для визначення відхилень від площини повірочних та розміточних плит.

2.2 Призначення і мета створення установки

Установка призначена для визначення відхилення від площини плит повірочних і розміточних. За результатами дослідження плит оформлюється свідоцтво про повірку.

Метою створення установки є підвищення точності вимірювання відхилення від площини повірочних та розмічальних плит, а також зниження трудомісткості та часу. Це у свою чергу дасть можливість не знизити клас точності плит та полегшити роботу метрологу.

Вимоги законодавчих органів до приладів, що використані в установці вказані в наступних стандартах:

- Про внесення змін у Закон України "Про метрологію і метрологічну діяльність";
- ГОСТ 10905-86 Плити повірочні та розміточні. Технічні умови;
- ГОСТ 9392-89 Рівні рамні та брускові. Технічні умови;
- ГОСТ 8050-73 Нормальні умови виконання лінійних та кутових вимірювань
- МІ 2007-89 Плити повірочні та розмічальні. Методика повірки;
- ДСТУ 3215-95 Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення;

- ДСТУ 3386-98 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань відхилень від прямолінійності та площинності.

2.3 Вимоги до установки

Вимоги до функціональних характеристик

- установка має бути мобільною, що дозволить проводити повірку плит безпосередньо на місці їх експлуатації;
- ручне керування перетворювачем;
- відображення інформації (монітора комп'ютера, клавіатури, маніпулятора "миша");
- контроль за умовами зовнішнього середовища;
- реєстрацію даних вимірювань у базі даних з можливістю перегляду і роздруківки їх на принтері оператором у будь-який час;
- автоматичний підрахунок відхилення від площини повірочних та розмірочних плит і заповнення протоколу дослідження.

Вимоги до надійності

- Термін служби повинний бути не менше 3 років.
- Контроль рівня надійності установки з метою підтвердження відповідності вимогам технічного завдання виробляється шляхом збору й обробки даних про відмови в процесі досвідченої експлуатації установки.

Умови експлуатації:

- Температура навколишнього середовища: +20 ...+40 ;
- Відносна вологість повітря: 45...80 %;
- Атмосферний тиск: 630 ... 800 мм.рт.ст;
- Вібрація - пікове значення віброзміщення при частоті 10 Гц не повинне перевищувати 50 мкм/с;
- Запиленість приміщення - клас чистоти повітря 4 по ОСТ 1.41519;

- Опір контуру заземлення – менше 4 Ом.

Вимоги до технічних засобів:

- Технічне обслуговування установки повинне здійснюватися відповідно до норм, викладених в інструкціях з експлуатації на технічні засоби.
- Живлення технічних засобів мобільної установки для вимірювання відхилення від плит повірочних та розмічальних повинне здійснюватися від мережі змінного струму напругою 220В частотою 50Гц.

Вимоги до програмного забезпечення

- Програмне забезпечення установки повинне забезпечувати виконання усіх функцій і поставлятися разом з технічними засобами установки. Також повинне забезпечувати регулярне архівування на носій інформації.

Вимоги до упакування

- Упакування складових частин установки здійснюється по відповідній документації кожної з частин.

Вимоги до транспортування і збереження

- Устаткування установки упакованих відповідно до вимог ГОСТ 13762-80 та консервованих відповідно до ГОСТ 9.014-78, може транспортуватися будь-яким видом транспорту на будь-які відстані за умови захисту його від безпосереднього впливу атмосферних опадів, пилу, піску і т.д.
- При вантажно-розвантажувальних роботах і транспортуванні не повинні піддаватися ударам і впливу атмосферних опадів.
- Збереження на складах повинне здійснюватися у закритих опалювальних приміщеннях в умовах, що відповідають ГОСТ 15150 - 69.
- У місцях збереження в навколишньому повітрі повинні бути відсутніми кислотні, лужні й інші агресивні домішки.

2.4 Порядок контролю і приймання

При розпакуванні устаткування необхідно ознайомитися з технічною документацією, прикладеної до установки, і перевірити комплектність у відповідність з розділом "Комплектність установки". Після вилучення складових частин з упаковки варто зробити зовнішній огляд з метою виявлення можливих при транспортуванні ушкоджень.

Для забезпечення працездатності установки в період його експлуатації і підтримки всіх параметрів стенда відповідно до вимог ТЗ виробляються профілактичні роботи.

2.5 Зазначення мір безпеки

Вимоги безпеки повинні відповідати ГОСТ 22261-76 розділ 2.

Забороняється робити налагоджувальні і ремонтні роботи при включеній установці.

Висновки за розділом 2

У даному розділі було розроблено технічне завдання в якому розглядаються питання:

- найменування й область застосування розробки;
- нормативно-технічні джерела, використовувані при розробці;
- технічні умови й умови експлуатації якими повинна володіти установка;
- указівка мір безпеки.

.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДХИЛЕННЯ ВІД ПОВІРОЧНИХ ТА РОЗМІТОЧНИХ ПЛИТ

Структурна схема установки для визначення відхилення від площини повірочних та розміточних плит представляє собою графічне зображення установки у вигляді сукупності частин, на які її можна розділити по певних ознаках, і зв'язків між частинами з вказівкою напрямку передачі дій.

Об'єктом дослідження даної установки є повірочна та розміточна плита. За допомогою рівня брускового та у відповідності до методики перевірки, яка представлена в розділі 6 пояснювальної записки, повірочна та розміточна плита виставляється в горизонтальне положення.

В перетворювач входить чутливий елемент – маятник, який контролюється індуктивним датчиком.

В електронний блок надходять сигнали з перетворювача та реєстратора температури.

Далі оброблений сигнал поступає на ЕОМ.

На рисунку 3.1 представлена структурна схема установки для вимірювання відхилення від повірочних та розміточних плит.

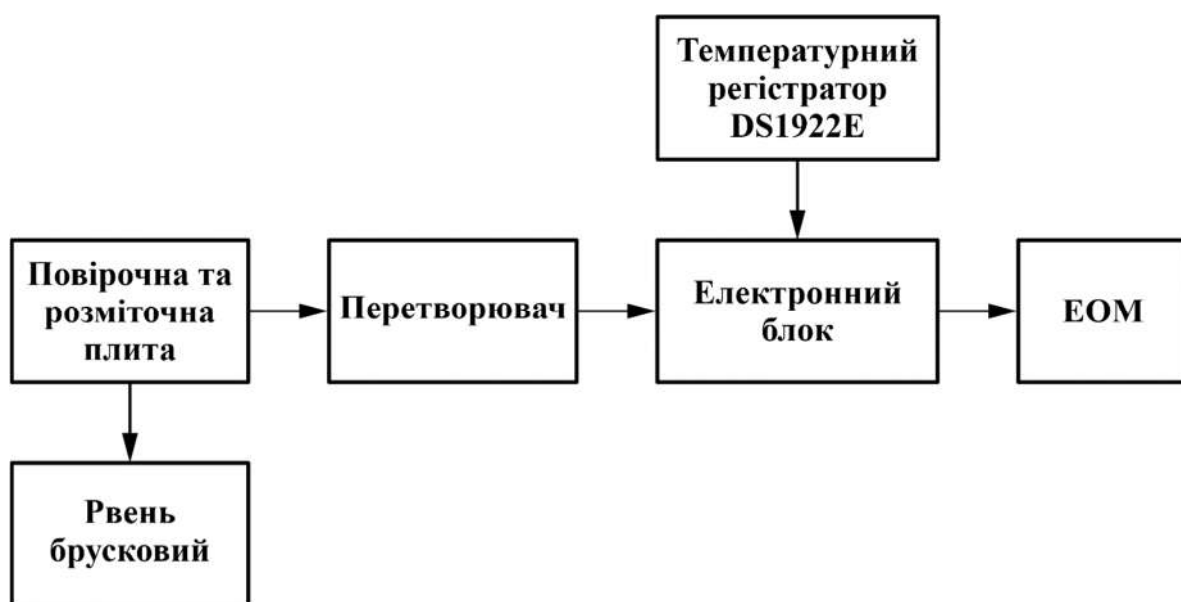


Рис. 3.1 – Структурна схема установки для вимірювання відхилення від повірочних та розміточних плит

3.1 Повірочна та розміточна плита

Повірочна та розміточна плита являється об'єктом дослідження.

Допуск площинності робочих поверхонь плит не повинен перевищувати значень, зазначених в ГОСТ 10905-86 «Плити повірочні та розміточні. Технічні умови», відповідно до розміру плит та їх класу точності. Плити, як об'єкт дослідження, розглядаються більш розгорнуто в розділі 1 пояснювальної записки.

Плити повинні періодично проходити повірку метрологічною службою підприємства. Визначається допуск площинності, та підтверджується клас точності плити. Це дуже важливо, тому що плити можуть використовуватись для повірочних робіт та можуть бути використані як основи під високоточні прилади.

3.2 Рівень брусковий

Брусковий рівень служить для контролю горизонтального положення плити, інших плоских та циліндричних поверхонь, а також вимірювання малих кутів [2].

На рисунку 3.2 представлена конструкція брускового рівня.

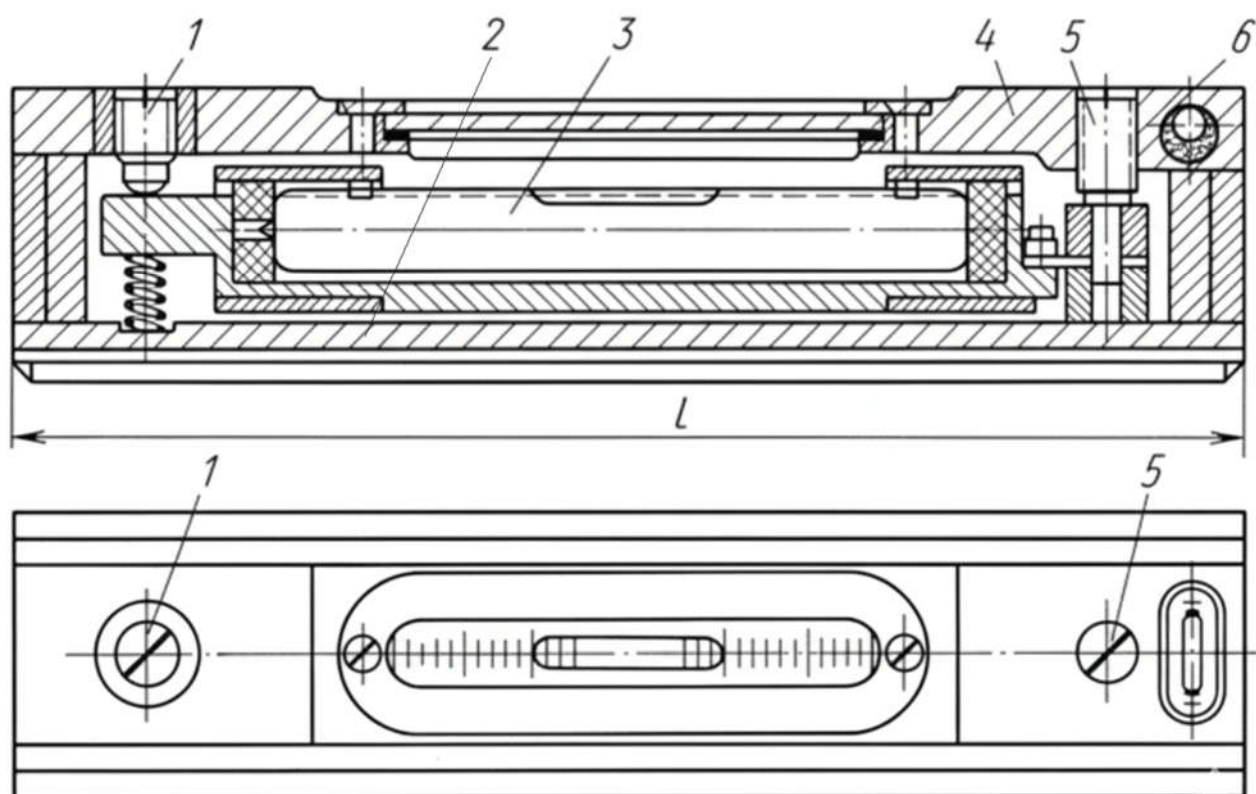


Рис. 3.2 – Креслення брускового рівня

Корпус 4 брускового рівня на нижній робочій поверхні має призматичну виїмку для встановлення на циліндричній поверхні. Амбула 3 закріплена в оправу 2 та встановлена всередині корпусу рівня. Кріплення оправу ампули до корпусу здійснюється гвинтом 5 через плоску пружину. Інший кінець оправу пружиною підібраний до гвинта регулювання 1, яким під час зборки рівня встановлюється паралельність ампули відносно основи. Над ампулою в корпусі рівня вирізано вікно, що закрите рамкою зі склом. Установочна ампула 6 розміщена в поперечному отворі корпусу, та залита твердим составом.

Чутливим елементом рівня є ампула, що представляє собою запаяну циліндричну скляну трубку, заповнену рідиною с залишком маленького пухирця повітря. Внутрішня поверхня ампули шліфується по радіусу. На зовнішній верхній поверхні ампули наноситься шкала з інтервалом ділень, рівним 2 мм. Дія ампули основана на тому, що при її нахилі рівень рідини в ній завжди

розташовується горизонтально та пухирець переміщується в найвищу точку ампули. Відлік по шкалі відбувається по краям пухирця повітря.

Якщо при перевірці горизонтальності плити, пухирець повітря не встановлюється на нульові положення, то необхідно за допомогою регулювальних гвинтів виставити плиту в горизонтальне положення.

3.3 Розрахунок індуктивного датчика

Розрахунок індуктивності дроту круглого перерізу.

Для розрахунку індуктивності дроту круглого перерізу скористаємося залежністю, вживану для низьких частот:

$$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{r} - \frac{3}{4} \right). \quad (3.1)$$

де l – довжина дроту; r – радіус його поперечного перетину; μ_0 – магнітна постійна.

Розрахунок індуктивного перетворювача.

Для високих частот:

$$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{r} - 1 \right). \quad (3.2)$$

Для перетворювача, що розраховуємо, застосовуємо мідний дріт, що має круговий поперечний переріз, радіус якого $r = 0,1$ мм. При діаметрі циліндра, на який намотується дріт $d = 10$ мм, і довжина намотуваної частини 20 мм, можна намотати 200 витків ($W = 200$).

Оскільки довжина кола: $l_{OKP} = 2\pi r_{Ц}$, то довжина дроту:

$$l = 2\pi \cdot r_{Ц} \cdot 200 = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 200 = 6280 \text{ мм} = 6,28 \text{ м}, \quad (3.3)$$

відношення:

$$\frac{r}{l} = \frac{0,1}{3280} = 015,92 \cdot 10^{-6}, \quad (3.4)$$

$$\frac{l}{r} = \frac{6280}{0,1} = 62,8 \cdot 10^3. \quad (3.5)$$

Індуктивність дроту для низьких частот:

$$L = \frac{4\pi}{2\pi} \cdot 10^{-7} \cdot 6,28 \cdot (\ln(125600) - 0,75) = 12,56 \cdot 10^{-7} (11,74 - 0,75) = 138,03 \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \quad (3.6)$$

Індуктивність дроту для високих частот:

$$L = \frac{4\pi}{2\pi} \cdot 10^{-7} \cdot 6,28 \cdot (\ln(125600) - 1) = 12,56 \cdot 10^{-7} (11,74 - 1) = 134,89 \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \quad (3.7)$$

Визначимо вплив намотування дроту на циліндровий датчик на його індуктивність.

Власна індуктивність лінійного дроту може бути представлена у вигляді:

$$L = N - G, \quad (3.8)$$

де: N – величина, залежна тільки від форми і розмірів осі дроту й не залежна від форми і розмірів поперечного перерізу дроту, і від характеру розподілу струму по перерізу; G – величина, залежна від форми і розмірів поперечного перерізу й від характеру розподілу струму по перерізу.

Для дроту, зігнутого по дузі кола:

$$N = \frac{\mu_0 R}{2\pi} \left[\theta (\ln 8R - 2) + 4 \sin \frac{\theta}{2} - 4I \right], \quad (3.9)$$

де: R – радіус кола, по дузі якої зігнута вісь дроту; θ – центральний кут, відповідний довжині дроту; I – величина, значення якої для різних кутів .

Для перетворювача, що розраховується, дріт зігнутий по колу радіусом $R = 5 \text{ мм}$. Приймаємо центральний кут θ відповідний дузі, рівним 120° .

Тоді

$$N = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,005}{2\pi} \left[2,094 (\ln 0,04 - 2) + 4 \cdot \sin 60^\circ - 4 \cdot 0,8458 \right] = -0,11 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}. \quad (3.10)$$

Для дроту кругового перерізу:

$$G = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln r - \frac{1}{4} \right). \quad (3.11)$$

Отже:

$$G = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot 6,28 \left(\ln 0,001 - \frac{1}{4} \right) = -3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}. \quad (3.12)$$

Шукана індуктивність:

$$L = -0,11 \cdot 10^{-7} + 3,2 \cdot 10^{-3} \approx 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}. \quad (3.13)$$

Розрахуємо індуктивність соленоїда по формулі:

$$L = \frac{\mu_0}{4\pi} \omega^2 d \Phi, \quad (3.14)$$

де: ω – число витків соленоїда; d – діаметр соленоїда; Φ – величина, значення якої дані залежно від відношення $\alpha = a/d$ (a – довжина соленоїда).

Застосовуємо формулу (6.1) і таблицю 6.1 [21].

При $\alpha = a/d = 20/10 = 2$, $1/\alpha = 0,5$.

З таблиці 6.1 [21] знаходимо $\Phi=4,04$ отже:

$$L = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{4\pi} 62500 \cdot 0,1 \cdot 0,946 = 5,91 \cdot 10^{-4} \text{ Гн..} \quad (3.15)$$

Принципова схема резонансного індуктивного датчика наближення приведена на рисунку 3.3. Чутливим елементом датчика є котушка з сердечником $L1$, яка разом з конденсатором $C1$ складає паралельний резонансний контур, що живиться від R-C генератора частоти, що несе.

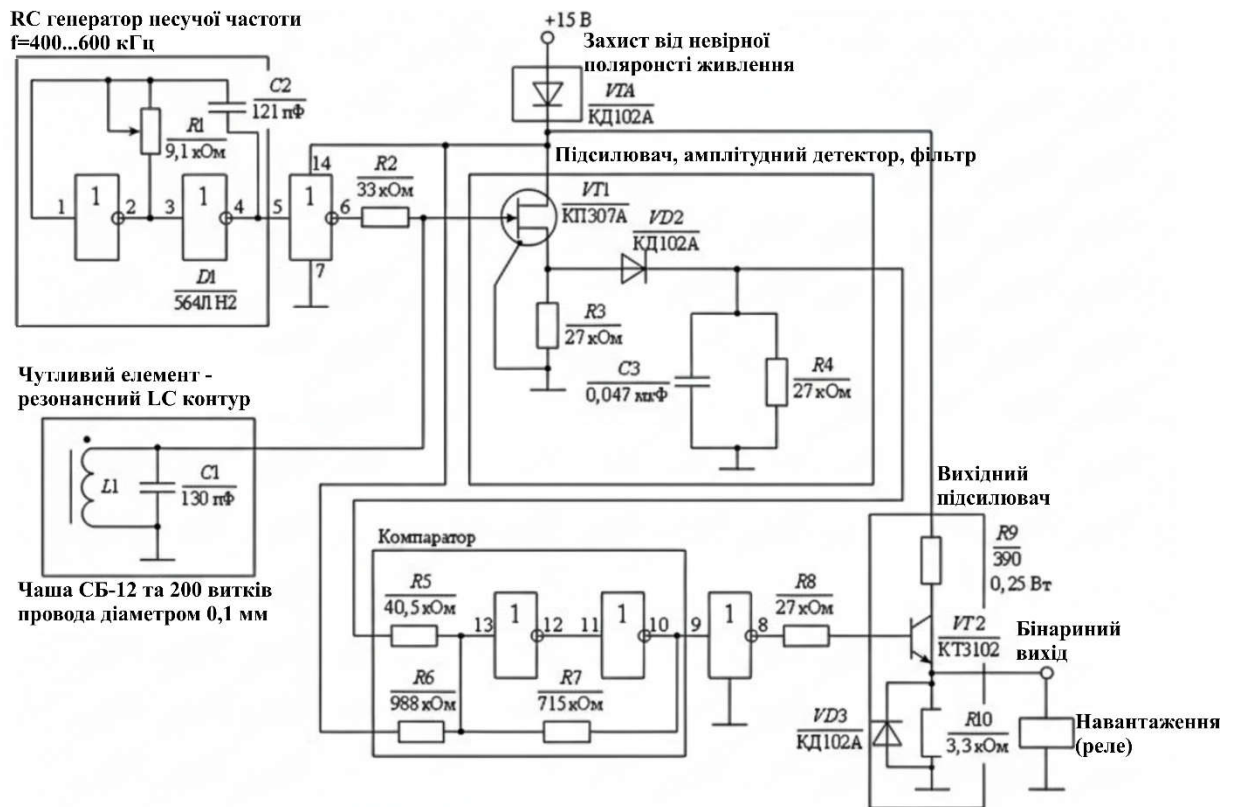


Рис. 3.3 – Принципова схема резонансного індуктивного датчика наближення

Форма коливань (синусоїдальні, прямокутні або інші) великого значення не має. У резонансній схемі (див. рисунок 3.3) коливання, що несуть, створюються регульованим генератором RC, що складається з двох елементів мікросхеми 564ЛН2.

Коливання, що несуть, через розділовий резистор R2 поступають в резонансний контур L1-C1. Частота резонансу контура повинна бути в межах регулювання генератора резистором R1. На частоті резонансу внутрішній опір паралельного резонансного контура найбільший.

Тому, амплітуда на затворі польового транзистора VT1 максимальна. Реальний контур L-C має і бічні резонанси, але амплітуда коливань напруги в контурі при бічних резонансах значно менше, ніж на частоті основного резонансу. Генератор настраюється резистором R1 на частоту коливань, при якій напруга на вході компаратора максимальна (у відсутності мішені поблизу чутливого елементу). Оскільки внутрішній опір L-C контура значний, то

застосовується як підсилювач саме польовий транзистор, що має великий вхідний опір. Після підсилювача сигнал детектується діодом VD2 і фільтрується фільтром R4-C3. Таким чином, на вході компаратора існує сигнал постійної напруги. У відсутності мішені у чутливого елементу сигнал напруги на вході компаратора максимальний і складає 3...4 В. Після зближення активного чутливого елементу і мішені, наприклад, з вуглецевої сталі, в матеріалі мішені наводитимуться вихрові струми, які починають взаємодіяти з чутливим елементом індуктивного датчика. Внаслідок цього, порушується резонанс, зменшується амплітуда напруги на L-C контурі, зменшується напруга на виході фільтру і на вході компаратора. Якщо продовжується зближення чутливого елементу і мішені, то зменшення напруги на вході компаратора складе 1,5...2 В. Компаратор побудований на двох елементах мікросхеми 564ЛН2. Пороги перемикавання компаратора і ширина гістерезису встановлюються величинами опорів резисторів R5, R6, R7.

Гістерезис компаратора встановлює гістерезис датчика. При зближенні датчика і мішені відбувається перемикавання виходу компаратора з логічного нуля в логічну одиницю. При видаленні мішені відбувається зворотне перемикавання компаратора. При вказаних номіналах елементів схеми включення датчика відбувається на відстані близько 1,5 мм від поверхні сталевий мішені, виключення – на відстані близько 2,5 мм від тієї ж поверхні. Резистор R9, що знаходиться в колекторному ланцюзі вихідного транзистора VT2, виконує функцію захисту від струмових перевантажень виходу, перешкоджає протіканню надмірного вихідного струму. У разі індуктивного характеру навантаження датчика (наприклад, реле) діод VD3 пригнічуватиме кидки напруги в навантаженні. Діод VD1 є захистом при неправильному підключенні полярності живлення до датчика. У колекторному ланцюзі вихідного транзистора, при необхідності, може бути включений світлодіод з резистором для візуального контролю стану виходу індуктивного датчика.

Таким чином, розглянутий індуктивний датчик виробляє бінарний сигнал високого рівня при зближенні з мішенню і низького рівня – при видаленні від

мішені. Крім того, у вимірювальних цілях може бути використаний вихідний аналоговий сигнал індуктивного датчика, який знімається з фільтру. Цей сигнал монотонно змінюється при зближенні чутливого елементу і мішені. Встановлено, що при відстанях між датчиком і мішенню до 1 мм вихідний аналоговий сигнал змінюється практично лінійно. Зміна аналогового сигналу складає не менше 2 В (від стану, коли немає сталевих мішені, до стану, коли мішень і датчик стикаються). Схема володіє хорошою термостабільністю. Відстань перемикавання індуктивного датчика з мішенями з різних матеріалів практично не змінюється, тобто коефіцієнт редукції близький до одиниці.

У даному вирішенні схемотехніки генератора, частота, що несе, а, означає, амплітуда напруги на L-C контурі, істотно залежать від стабільності напруги живлення. Тому, реальний допуск на зміну живлячої напруги не повинен бути більш $\pm 5\%$.

3.4 Склад та принцип роботи перетворювача

Перетворювач рівня служить для перетворення кута нахилу вимірювальної поверхні в електричну величину.

Перетворювач складається з вимірювального механізму та призматичної основи.

Вимірювальний механізм зібраний в коробчастому збірному корпусі, що складається з плит 14, 19 та щік 17. Корпус за допомогою 3 стійок 1, 20 закріплюється на основі 21. В середині корпусу на дротовій підвісці закріплена рамка 18. Підвіска рамки виконана у вигляді 5 бронзових дротів 26 товщиною 0,1 мм, що прикріплені до рамки 18 та плиті 14 за допомогою накладок 9, 13. Для захисту дротів від зминання накладки з внутрішньої сторони покриті оловом. Рамка 18, що висить на підвісці, має можливість вільно колихатися як маятник в повздовжньому напрямку. Положення рівноваги маятника відповідає кутовому положенню перетворювача відносно горизонту. Для захисту дротів 26 підвіски від обриву рамка оточена зі всіх сторін обмежувачами, встановленими з невеликим зазором відносно рамки. Під дією сил інерції, що діють на рамку, дроти

розтягуються тільки на величину цього зазору після чого рамка лягає на обмежувачі. Величина зазору вибрана такою, щоб розтягування дротів було в межах пружної деформації. Знизу рамка обмежена гвинтами 29, в поперечному напрямку – гвинтами 30, зверху – виступами щік 17. робочих хід рамки обмежений важелями 10.

Положення рамки відносно корпусу реєструється індуктивним датчиком. Статор індуктивного датчика представляє собою дві феритові чашки 7 з сердечниками 5 та котушками 4, що розміщені в корпусі 11, встановленому на плиті 14. Кінці обмоток котушок розпаяні на штирках втулки 12. Якорем індуктивного датчика є пластина 8, що закріплена на рамці 18.

В вимірювальному механізмі перетворювача є магнітоелектрична система, призначена для силової дії на рамку 18. Вона складається з двох котушок 3, прикріплених до рамок 18, та постійних магнітів 6, встановлених в хомутах 16, прикріплених до плити 19. Обмотки котушок 3 розміщені в кільцевих зазорах магнітів 6, та при проходженні крізь них току виникає сила, що прикладена до рамки 18 при нахилі перетворювача. Обмотки котушок 3 симетрично розподілені по обом котушкам з метою усунення впливу їх нагрівання на зміщення нуля. Кінці обмоток виводяться через пружини 23 на панель 2, а з панелі на штирі втулки 12.

Вимірювальний механізм перетворювача закритий кожухом 15 та двома кришками 27 й 28, які крім декоративної задачі виконують задачу магнітного екрану. Основа 21 також є складовою частиною магнітного екрану та виконана з низько вуглецевої сталі. Так як корпус вимірювального механізму виконаний з латуні, яка має більший коефіцієнт температурного розширення, ніж у сталі, то необхідна компенсація, задачу якої виконують стійки 1 та 20, що приймають на себе теплову деформацію.

Призматична основа перетворювача складається із призми 25 та перехідної пластини 24, жорстко пригвинченої до вимірювального механізму. Для регулювання спів падання вісі призми 25 з чутливою віссю перетворювача

призма прикріплюється до пластини 24 з можливістю повороту вісі 22 гвинтами 30.

Загальний вид перетворювача в розрізі представлено на кресленні в додатку.

3.5 Електронний блок

Електронний блок представляє собою систему автоматичного регулювання, що забезпечує постійне положення маятника відносно корпусу перетворювача, який встановлюється на вимірювальну поверхню. Положення маятника регулюється індуктивним датчиком, сигнал з якого потрапляє в систему автоматичного регулювання.

При нахилі корпусу перетворювача на маятник діє тангенціальна складова сили тяжіння, пропорційна куту нахилу (при малих кутах). Для компенсації цієї сили служить сила електромагнітного поля, що створюється пристроєм магнітоелектричної системи, котушка якого ввімкнена в коло зворотнього зв'язку системи автоматичного регулювання.

Сила електромагнітного поля пропорційна струму через котушку.

Внаслідок рівності сил, що діють на маятник, струм крізь котушку пропорційний куту нахилу вимірювальної поверхні відносно лінії горизонту та служить для подальшого перетворення та відліку цього кута.

Електронний блок виконаний в настільному варіанті. Всі вузли та плати закріплені в єдиному каркасі та з'єднанні в електричну схему за допомогою джгута та рознімачів.

Пристрій автоматичного регулювання (ПАР) (рис. 3.4) призначений для підсилення модульованого сигналу від індуктивного датчика, демодуляції та автоматичного регулювання рівня сигналу, що забезпечує постійне положення маятника відносно корпусу перетворювача.

Додаткові функції:

- Виділення за допомогою фільтрів корисних та заглушати паразитні сигнали
- Узгодження рівнів сигналів ПАР з мікроконтролером
- Отримання стандартного рівня напруги на аналоговому виході.

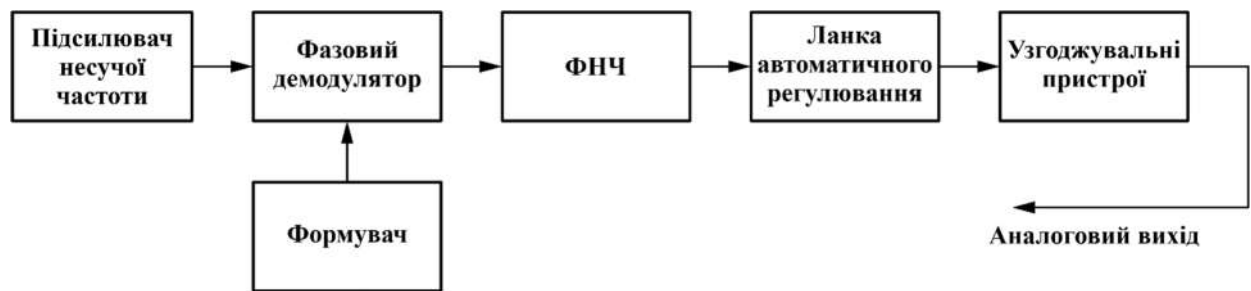


Рис. 3.4 – Структурна схема ПАР

Також в електронному блоці розміщено мікроконтролер, який виконує програму записану в його пам'яті. На нього поступає інформація від системи автоматичного регулювання, а також від реєстратора температури.

3.6 Температурний реєстратор DS1922E

DS1922E temperature logger iButton® – є самодостатньою системою, яка, після її вибраних користувачем настановних значень вимірює температуру і записує результати в захищену секцію вбудованої незалежної пам'яті даних. Запис проводиться визначуваною користувачем швидкістю. Прилад може зберігати в пам'яті 8192 8-розрядних значення температури або 4096 16-розрядних значень температури, з інтервалом від 1 секунди до 273 годин. На додаток до цього в DS1922E має 576 байт додаткової пам'яті (SRAM) для зберігання характеристик реєстрованого процесу, його особливостей або особливостей місця установки приладу. Користувач може встановити момент початку реєстрації даних.

Реєстрація може початися відразу після всіх параметрів вимірювання, через визначувану користувачем тимчасову затримку або після досягнення температурою порогового значення. Доступ до пам'яті і функцій управління може бути захищений паролем.

DS1922E використовує для зв'язку з пристроями підтримки протокол 1-Wire, який вимагає лише однієї шини даних і поворотного. Кожен DS1922E має унікальний, фабричний підготовлений лазером 64-розрядний реєстраційний

ідентифікаційний номер, що дозволяє безпомилково ідентифікувати прилад. Міцний корпус MICROCAN, в якому розміщена електронна схема DS1922E, володіє високою стійкістю до дій навколишнього середовища, таким, як забруднення, вологість, удари. Цей компактний, монетоподібний корпус легко фіксується спеціальними зондами для прочитування інформації, що значно полегшує роботу оператора з приладом. Інші спеціальні аксесуари для фіксації пристроїв в подібних корпусах дозволяють легко закріплювати прилади DS1922E на будь-якій поверхні, включаючи контейнери, чохли, кювети і так далі.

Індивідуальні особливості

- Автоматичний запуск, вимірювання температури і значень в пам'яті даних (8кБ) в 8-розрядному або 16-розрядному форматі.
- Цифровий термометр для вимірювання температури з дозволом 8 розрядів (0,5°C) або 11 розрядів (0,0625°C).
- Помилка вимірювання: не більше $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ у діапазоні від $+110^{\circ}\text{C}$ до $+140^{\circ}\text{C}$, $\pm 7^{\circ}\text{C}$ у діапазоні від $+15^{\circ}\text{C}$ до $+110^{\circ}\text{C}$.
- Водонепроникність.
- Час між двома послідовними вимірюваннями від 1 с до 273 годин.
- Програмований початок реєстрації після закінчення тимчасової затримки або при досягненні температурою порогового значення.
- Програмовані верхній і нижній температурні пороги.
- Швидкий доступ по 1-Wire-магістралі до приладів, що виставили прапори яких-небудь подій завдяки функції умовного пошуку.
- 576 байт пам'яті загального призначення.
- Дворівневий захист паролем всієї пам'яті і регістрів конфігурації.
- Для зв'язку із зовнішніми засобами підтримки має вбудований вузол однопровідного інтерфейсу, що реалізовує мережевий 1-Wire-протокол, що підтримує швидкість обміну до 15,4 кб/с в стандартному режимі і до 125 кб/с в прискореному режимі.
- Температурний робочий діапазон від $+15^{\circ}\text{C}$ до $+140^{\circ}\text{C}$

Загальні особливості пристроїв iButton

- Забезпечує миттєву ідентифікацію і передачу інформації при короткочасному дотику.
- Унікальний, фабричний підготовлений лазером 64-розрядний реєстраційний ідентифікаційний номер, що дозволяє безпомилково ідентифікувати прилад.
- Вбудований мережевий контролер 1-Wire-шини забезпечує сумісність іншими однопровідними продуктами, тому безліч подібних приладів можуть працювати на одній 1-Wire-магістралі.
- Вбудована базова напівпровідникова схема зберігає отриману від датчиків пристрою інформацію в стислому виді.
- Дані з пристрою можуть бути отримані (прочитані) завдяки короткочасному дотику зовнішнього зонда до обох площин корпусу приладу.
- Монетоподібний корпус самоцентрується в спеціалізованих приймальних зондах.
- Довговічний корпус пристрою витримує дія більшості агресивних середовищ і має на своїй поверхні вигравіюваний індивідуальний реєстраційний номер приладу.

iButton і 1-Wire є зареєстрованими марками виготівника Maxim Integrated Products, Inc.

Граничні експлуатаційні величини

Напруга на виводі DATA виводу GND від -0,3В до +6,0В

Струм через вивід DATA 20мА

Робочий температурний діапазон від +15°C до +140°C

Допустима температура напівпровідникового кристала +150°C

Допустима температура зберігання від +15°C до +140°C

Електричні характеристики представлені в таблиці 3.1 (при напрузі живлення резистора підтяжки шини DATA $V_{PUP} = 3,0В...5,25В$).

Таблиця 3.1

Електричні характеристики

Параметр	Позн.	Умови	Мін.	Тип.	Макс.	Од.
Робоча температура	T _A	DS1922E	+15		+140	°C
Загальні параметри виводу DATA						
Опір резистору «підтяжки» шини DATA 1-Wire магістралі	R _{PUP}				2,2	кОм
Вхідна ємність	C _{IO}			100	800	пФ
Вхідний струм	I _L	Вивід DATA підтягнут до V _{PUP}		6	10	мкА
Порог перемикання з високого в низький рівень	V _{TL}		0,4		3,2	В
Вхідна напруга низького рівня	V _{IL}				0,3	В
Порог перемикання з низького в високий рівень	V _{TH}		0,7		3,4	В
Гістерезис перемикання	V _{HY}		0,09			В
Вихідна напруга низького рівня	V _{OL}	Струм навантаження 4мА			0,4	В
Час відновлення	t _{REC}	Стандартний режим, R _{PUP} =2,2 кОм	5			мкс
		Прискорений режим, R _{PUP} =2,2 кОм	2			
		Прискорений режим, безпосередньо перед режимом скидання, R _{PUP} =2,2 кОм	5			
Час утримання справжнього фронту	t _{REN}		0,6		2,0	мкс
Тривалість часового слоту	t _{SLOT}	Стандартний режим	65			мкс
		Прискорений режим, V _{PUP} >4,5В	8			
		Прискорений режим	9,5			
Вивід DATA, цикл імпульсів скидання присутності пристрою на 1-Wire магістралі						
Тривалість низького рівня імпульсів скидання	t _{RSTL}	Стандартний режим V _{PUP} >4,5В	480		720	мкс
		Стандартний режим	690		720	
		Прискорений режим, V _{PUP} >4,5В	48		80	
		Прискорений режим	70		80	
Імпульс присутності, тривалість високого рівня	t _{PDH}	Стандартний режим V _{PUP} >4,5В	15		60	мкс
		Стандартний режим	15		63,5	
		Прискорений режим	2		7	
Імпульс присутності, тривалість падаючого фронту	t _{FPD}	Стандартний режим V _{PUP} >4,5В	1,5		5	мкс
		Стандартний режим	1,5		8	
		Прискорений режим	0,15		1	

Імпульс присутності, тривалість низького рівня	t _{PDL}	Стандартний режим V _{PUP} >4,5В	60		240	мкс
		Стандартний режим	60		287	
		Прискорений режим, V _{PUP} >4,5В	7		24	
		Прискорений режим	7		28	
Час виявлення присутності пристрою	t _{MSP}	Стандартний режим V _{PUP} >4,5В	65		75	мкс
		Стандартний режим	71,5		75	
		Прискорений режим	8		9	
Вивід DATA, цикл запису на 1-Wire магiстралі						
Тривалість низького рівня імпульсу при записі 0	t _{W0L}	Стандартний режим	60		120	мкс
		Прискорений режим, V _{PUP} >4,5В	6		12	
		Прискорений режим	7,5		12	
Тривалість низького рівня імпульсу при записі 1	t _{W1L}	Стандартний режим	5		15	мкс
		Прискорений режим	1		1,95	
Вивід DATA, цикл читання на 1-Wire магiстралі						
Тривалість низького рівня імпульсу читання	t _{RL}	Стандартний режим	5		15-δ	мкс
		Прискорений режим	1		1,95δ	
Час розпізнання сигналів 0 та 1 ведучим пристоем в циклі читання	t _{MSR}	Стандартний режим	t _{RL} +δ		15	мкс
		Прискорений режим	t _{RL} +δ		1,95	
Годинник реального часу						
Похибка			Див. рисунок 4.4			хв./міс
Зміна частоти	Δ _F	Від 0°C до +125°C	-600		+60	ppm
Перетворювач температури						
Час перетворення	t _{CONV}	8-розрядний режим	30		75	мс
		16-розрядний режим	240		600	
Час реакції на зміну температури	τ _{RESP}	Корпус MicroCAN будь-якого приладу		130		с
Похибка перетворення	Δθ	При температурі від +15°C до +110°C		±7		°C
		При температурі від +110°C до +140°C	-1,5		+1,5	°C
Температурні цикли	N _{TCY}	Цикл: підйом температури від +25°C до значення >+125°C та обратно до значення +25°C			300	циклів
Термін служби	t _{LIFE}	Температура більше +125°C			300	годин

Порівняння тимчасових характеристик

Параметр	Стандартні значення, мкс				Значення для DS1922E, мкс			
	Стандартний режим		Прискорений режим		Стандартний режим		Прискорений режим	
	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.
t_{SLOT} (включаючи t_{REC})	61		7		65		9,5	
t_{RSTL}	480		48	80	690	720	70	80
t_{PDH}	15	60	2	6	15	63,5	2	7
t_{PDL}	60	240	8	24	60	287	7	28
t_{WOL}	60	120	6	16	60	120	7,5	12

Детальний опис

Завдяки своєму розширеному температурному діапазону DS1922E добре підходить для моніторингу процесів, де потрібний температурний режим вище за точку кипіння води, таких, як пастеризація харчових продуктів. Відмітимо, що початковий рівень герметичності приладу еквівалентний ступеню IP56. Програмне забезпечення для установки сесії і отримання даних через 1-Wire-інтерфейс доступно для вільного завантаження на веб-сайті iButton (www.ibutton.com). Це програмне забезпечення також включає драйвера для послідовного і USB портів комп'ютера і засобу доступу до оперативної пам'яті для зберігання службової інформації, пов'язаної з процесом або об'єктом моніторингу.

Архітектура

Функціональна схема на рисунку 3.5 показує зв'язок між основними вузлами управління і секціями пам'яті приладу DS1922E.

Прилад має п'ять головних областей даних:

- 1) 64-бітовий ідентифікаційний ПЗП, прошитий лазером
- 2) 256-бітову «блокнотну» пам'ять
- 3) 576-байтне статичне службове ОЗУ (додаткова пам'ять)

- 4) Дві 256-бітові сторінки регістрів (керування, зберігання часу, лічильників, статусу і паролів)
- 5) 8192 байта буфера послідовних температурних відліків для зберігання накопичених результатів.

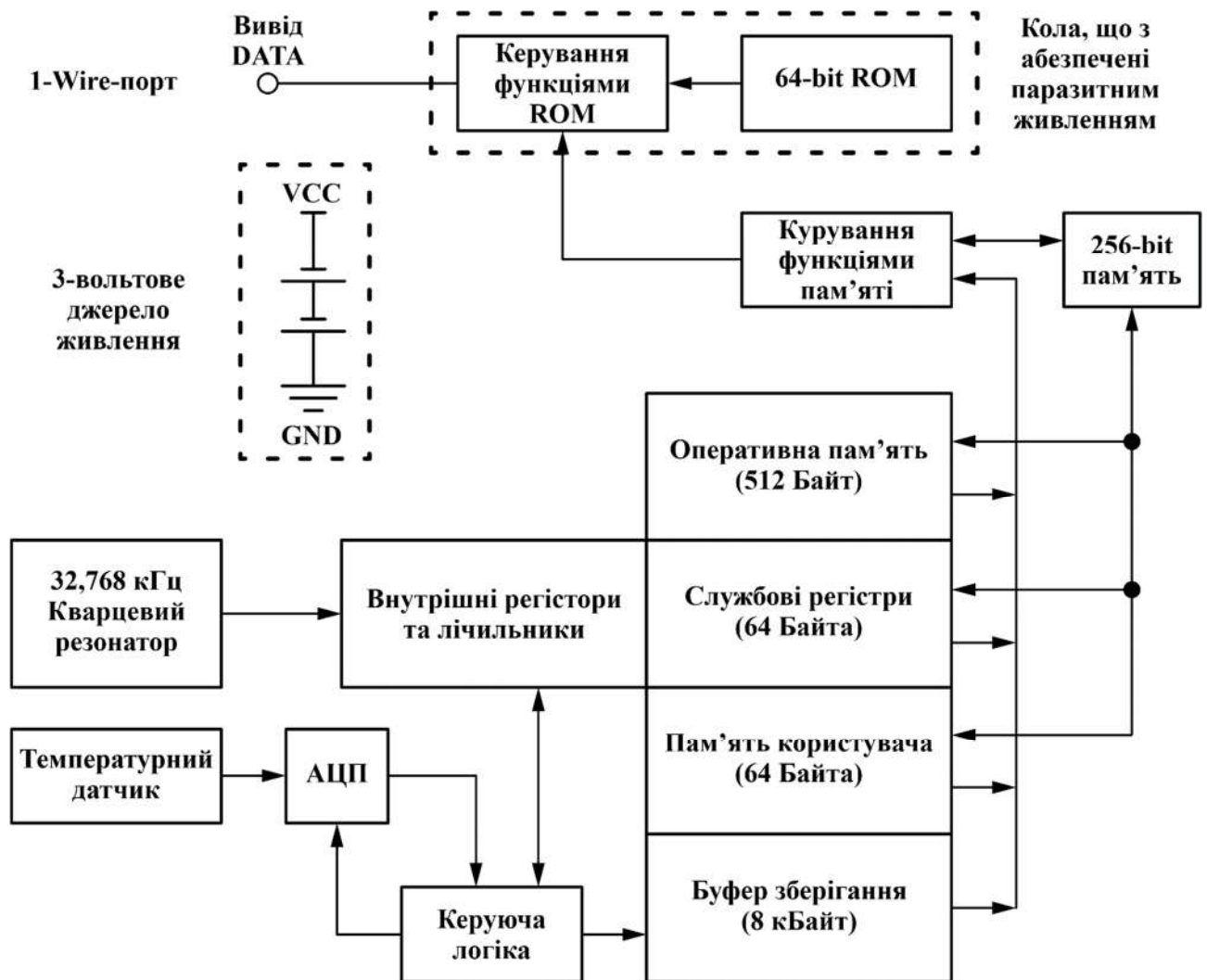


Рис. 3.5 – Функціональна схема

За винятком ідентифікаційного ПЗП і «блокнотної» пам'яті всі інші області розташовані в єдиному лінійному адресному просторі. Вся пам'ять, службовка для зберігання результатів, регістри лічильників і деякі інші регістри доступні тільки для читання. Обидві регістрові сторінки захищено від запису, прилад програмується на наступний цикл вимірювань. Регістри паролів (один регістр

пароля читання і один регістр пароля читання/запису) доступні тільки для запису.

Ієрархічна структура 1- протоколу інформаційного обміну приладу показана на рисунку 3.6.

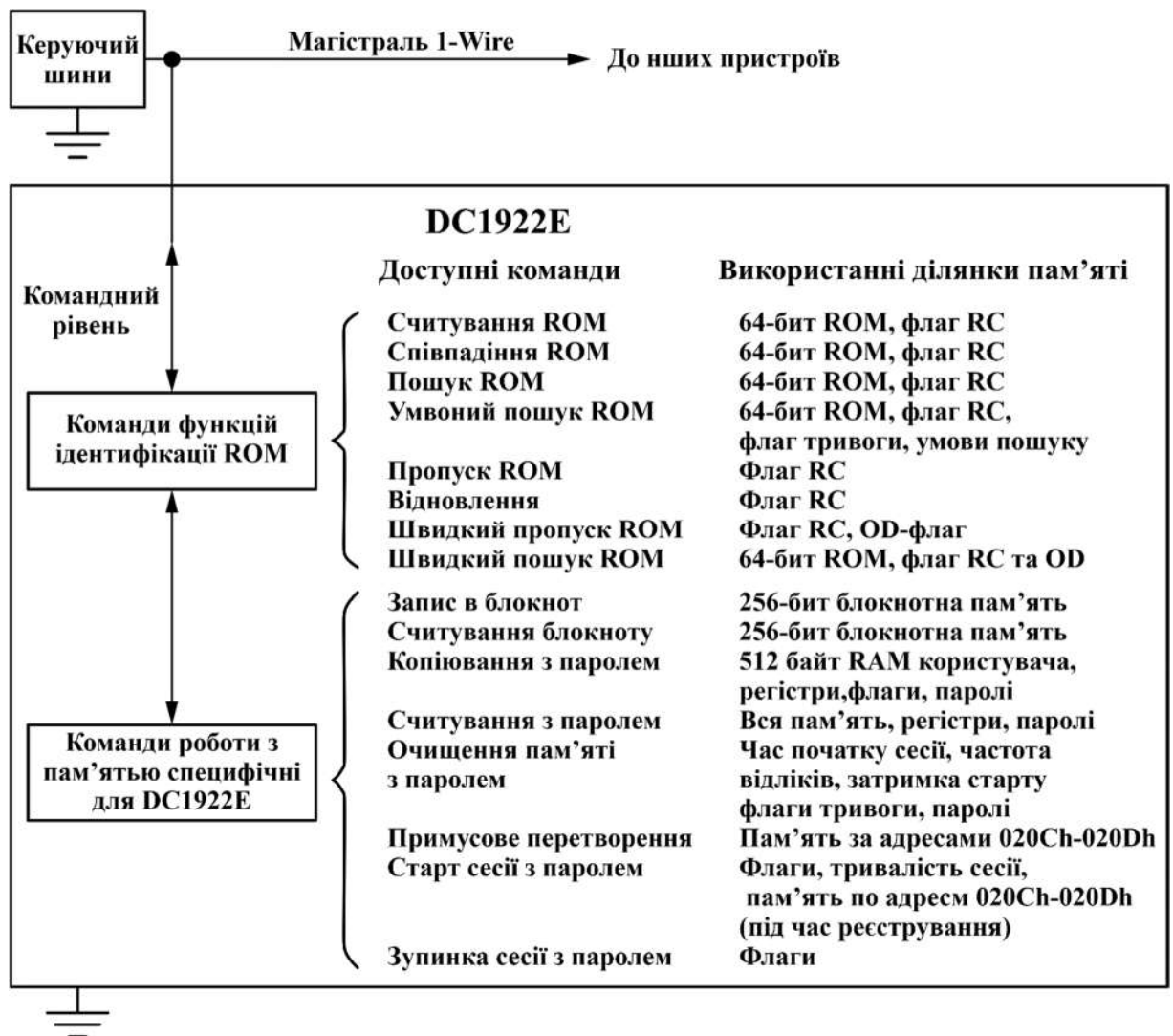


Рис. 3.6 – Структура протоколу обміну пристроєм DS1922E

Спочатку ведучий 1-Wire-шини повинен адресувати пристрій, згенерувавши одну із стандартних команд, пов'язаних з ідентифікаційним ПЗП пристрою: 1) Читання ПЗП, 2) Збіг ПЗП, 3) Пошук ПЗП, 4) Умовний Пошук ПЗП, 5) Пропуск ПЗП, 6) Прискорений Пропуск ПЗП, 7) Прискорений Збіг ПЗП, 8) Відновлення. Після виконання команд Прискорений Пропуск ПЗП або

Прискорений збіг ПЗП при стандартній швидкості обміну, прилад перейде в прискорений режим, де обмін відбувається з вищою швидкістю. Протокол, потрібний для команд, пов'язаних з функцією ПЗП. Після успішного виконання команди функції ПЗП стають доступними функції пам'яті, і ведучий 1-Wire магістралі може виконати будь-яку з восьми доступних команд функції пам'яті. Читання і запис всіх даних проводиться, починаючи з молодшого значущого біта.

Похибка ходу годинника реального часу представлена на рисунку 3.7

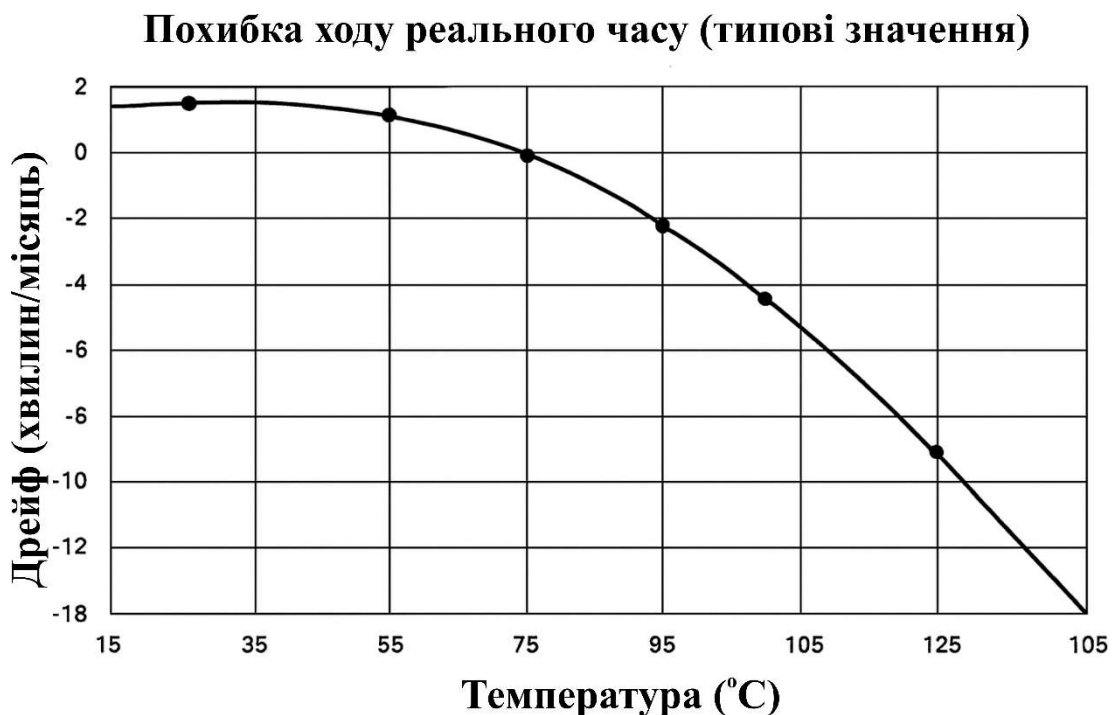


Рис. 3.7 – Похибка ходу годинника реального часу

Паразитне живлення

На рисунку 3.5 пунктиром виділені вузли в пристрої, що живляться від паразитного живлення. Ці вузли живляться від шини даних, коли вона знаходиться у високому стані (логічна 1). Шина даних забезпечує достатнє живлення так довго, як цього вимагають тимчасові і енергетичні параметри схеми.

Вбудована схема паразитного живлення від шини DATA однопровідної шини забезпечує дві основні переваги приладу:

- 1) завдяки цьому зменшується загальна витрата літієвої батареї
- 2) якщо літієва батарея з якої-небудь причини не справна, все ще можна прочитати ПЗП ідентифікаційного номера приладу.

Решта вузлів DS1922E живляться виключно від батареї.

64-бітовий прошитий лазером ПЗП ідентифікаційного номера.

Прилад має унікальний фабричний підготовлений лазером 64-розрядний реєстраційний ідентифікаційний номер. Перші 8 біт – це груповий код сімейства (41h), наступні 48 біт, – унікальний серійний номер, і останні 8 біт - це код контрольної суми CRC перших 56 біт. CRC-код виробляється за допомогою поліноміального генератора, що складається з регістра зсуву і логічних схем XOR (що виключає АБО). Поліном має вид $X^8 + X^5 + X^4 + 1$.

На рисунку 3.5 представлено функціональну схему пристрою DS1922E

Біти регістра зсуву при ініціалізації встановлюються в «0». Потім, починаючи з молодшого значущого біта, в регістр порозрядний вводиться код сімейства. Після введення восьмого біта коду сімейства, вводиться серійний номер. Якщо введен серійний номер, регістр зсуву містить значення CRC. Після операції восьми біт CRC, всі біти регістра зсуву повертаються в стан «0».

На рисунку 3.6 представлено структуру протоколу обміну пристрою DS1922E

Пам'ять

Карта пам'яті приладу DS1922E показана на рисунку 3.8. 512-байтне службове ОЗУ (додаткова призначена для користувача пам'ять) займає сторінки з 0-ої по 15-у. Регістри установки і управління розташовані на сторінках 16 і 17, званих сторінками регістрів 1 і 2 відповідно. Сторінки 18 і 19 можуть використовуватися для збільшення об'єму призначеної для користувача пам'яті. 256 сторінок пам'яті, починаючи із сторінки 128 (адреса 1000h), є буфером послідовних відліків. Сторінки пам'яті з 20 по 127 зарезервовані для майбутніх розширень. Блокнотна пам'ять є додатковою сторінкою, використовуваною як проміжний буфер при записі даних в пам'ять ОЗУ або в сторінку регістрів.

Дані в пам'ять можуть бути записані у будь-який час. Режим доступу до службових регістрів залежить від їх функціонального призначення і від того, чи запрограмований прилад на нову сесію.

Буфер послідовних температурних відліків доступний тільки для читання. Запис в цю область пам'яті здійснюється виключно самим приладом. Із-за специфічних особливостей приладу (запис блокнотної пам'яті, копіювання блокнотної пам'яті) рекомендується за один раз записувати ціле число сторінок блокнотної пам'яті і пам'яті регістрів.

Проміжна «блокнотна» пам'ять (32 байта)		
Адреса		
0000h - 001Fh	Пам'ять користувача (R/W)	Сторінка 0
0020h - 01FFh	Пам'ять користувача (R/W)	Сторінки 1 - 15
0200h - 021Fh	32-байтова сторінка службових регістрів 1	Сторінка 16
0220h - 023Fh	32-байтова сторінка службових регістрів 2	Сторінка 17
0240h - 025Fh	Пам'ять користувача (R/W)	Сторінка 18
0260h - 027Fh	Пам'ять користувача (R/W)	Сторінка 19
0280h - 0FFFh	Зарезервовано для подальших розширень	Сторінки 20 - 127
1000h - 2FFFh	Буфер послідовних температурних відліків (R)	Сторінки 128 - 383

Рис. 3.8 – Карта пам'яті DS1922E

Типи режимів доступу до ресурсів приладу ззовні:

R/W – доступні для читання і запису

R – доступні тільки для читання.

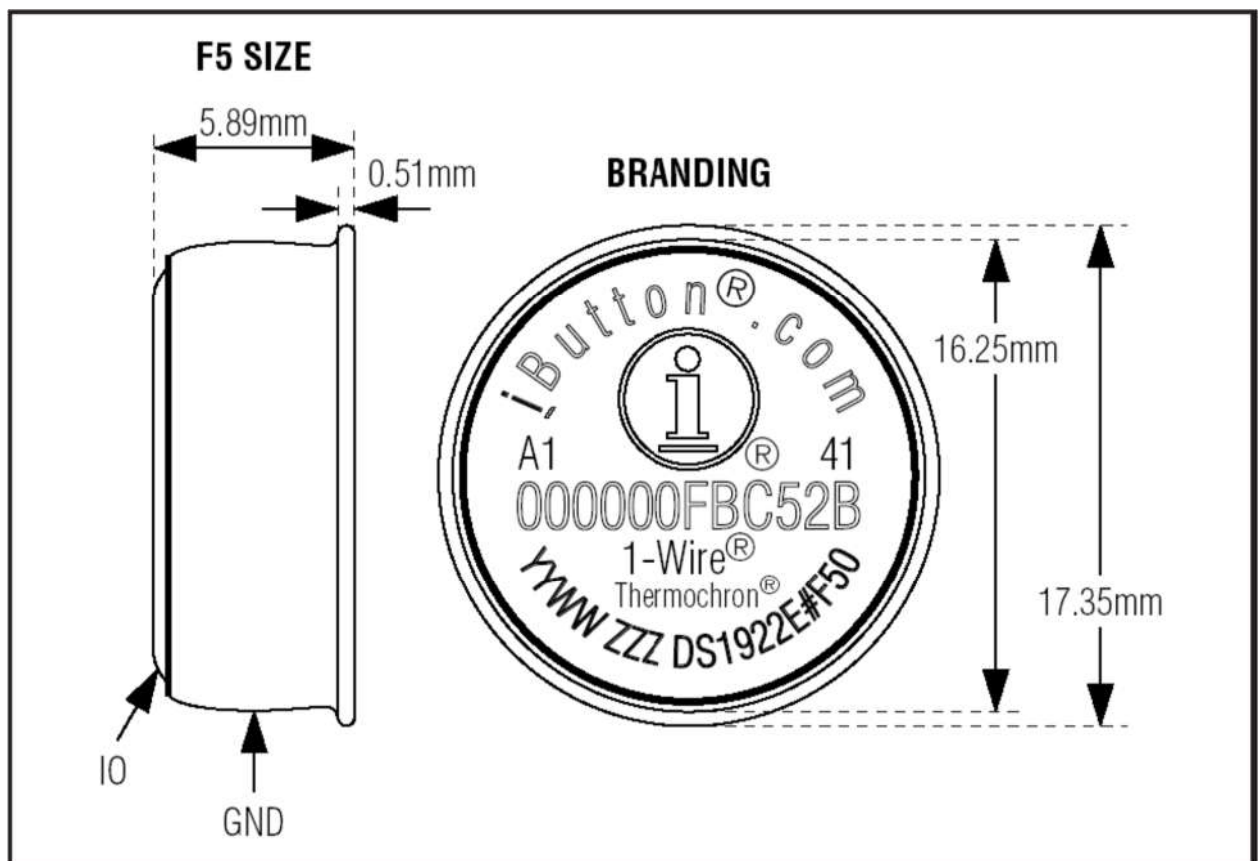


Рис. 3.9 – Конструкція та габаритні розміри

Висновки за розділом 3

В даному розділі була розроблена структурна схема установки для визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит. Підібрані та описані блоки, що входять до структурної схеми. Розглянуто їх будову, роботу, особливості, переваги та недоліки, а також запропоновані приклади реалізації деяких з них.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СПОЛУЧЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ЕОМ

4.1 Мікроконтролер ATmega16.

На рисунку 4.1 зображено МК ATmega16. А в таблиці 4.1 приведено опис виводів.

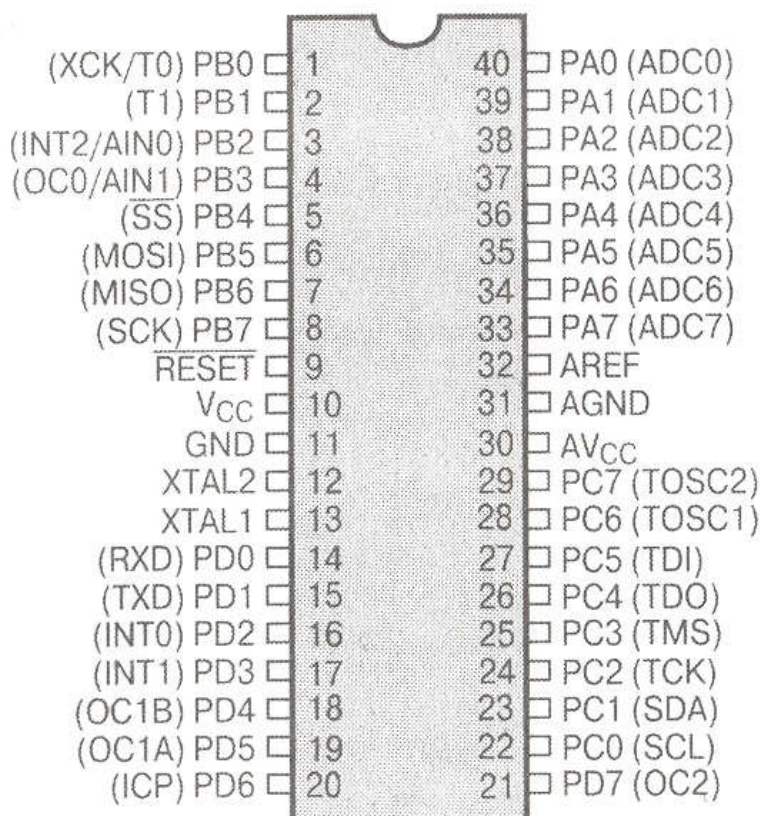


Рис. 4.1 – Мікроконтролер ATmega16

Таблиця 4.1

Опис виводів мікроконтролеру ATmega16

Позначення	Номер виводу DIP	Тип виводу	Опис
XTAL1	13	I	Вхід тактового генератора
XTAL2	12	O	Вихід тактового генератора
RESET	9	I	Вхід скидання

Порт А. 8-разрядний двонапрямлений порт вводу/виводу			
PA0(ADC0)	40	I/O	A0(вхід АЦП)
PA1(ADC1)	39	I/O	A1(вхід АЦП)
PA2(ADC2)	38	I/O	A2(вхід АЦП)
PA3(ADC3)	37	I/O	A3(вхід АЦП)
PA4(ADC4)	36	I/O	A4(вхід АЦП)
PA5(ADC5)	35	I/O	A5(вхід АЦП)
PA6(ADC6)	34	I/O	A6(вхід АЦП)
PA7(ADC7)	33	I/O	A7(вхід АЦП)
Порт В. 8-разрядний двонапрямлений порт вводу/виводу			
PB0(T0/XCK)	1	I/O	B0(Вхід зовнішнього тактового сигналу таймера/лічильника T0/Вхід/вихід зовнішнього тактового сигналу USART)
PB1(T1)	2	I/O	B1(Вхід зовнішнього тактового сигналу таймера/лічильника T1)
PB2(AIN0/INT2)	3	I/O	B2(Позитивний вхід компаратора/Вхід зовнішнього переривання)
PB3(AIN1/OC0)	4	I/O	B3(Від'ємний вхід компаратора/ Вихід таймера/лічильника T0)
PB4(SS)	5	I/O	B4(Вибір Slave – пристрою на шині SPI)
PB5(MOSI)	6	I/O	B5(Вихід (Master) або вхід (Slave) даних модуля SPI)

PB6(MISO)	7	I/O	B6(Вхід (Master) або вихід (Slave) даних модуля SPI)
PB7(SCK)	8	I/O	B5(Вихід (Master) або вхід (Slave) тактового сигналу модуля SPI)
Порт C. 8-разрядний двонаправлений порт вводу/виводу			
PC0(SCL)	22	I/O	C0(Тактовий сигнал модуля TWI)
PC1(SDA)	23	I/O	C1(Лінія даних модуля TWI)
PC2(TCK)	24	I/O	C2(Тактовий сигнал модуля JTAG)
PC3(TCK)	25	I/O	C3(вибір режиму JTAG)
PC4(TDO)	26	I/O	C4(Вихід даних JTAG)
PC5(TDO)	27	I/O	C5(Вхід даних JTAG)
PC6(TOSC1)	28	I/O	C6(Вихід для підключення резонатору до таймера/лічильника T2)
PC6(TOSC2)	29	I/O	C7(Вхід для підключення резонатору до таймера/лічильника T2)
Порт D. 8-разрядний двонаправлений порт вводу/виводу			
PD0(RXD)	14	I/O	D0(Вхід USART)
PD1(TXD)	15	I/O	D1(Вихід USART)
PD2(INT0)	16	I/O	D2(Вхід зовнішнього переривання)
PD3(INT1)	17	I/O	D3(Вхід зовнішнього переривання)

PD4(OC1B)	18	I/O	D4(Вихід В таймера/лічильника T1)
PD5(OC1A)	19	I/O	D5(Вихід А таймера/лічильника T1)
PD6(ICP)	20	I/O	D6(Вхід захвату таймера/лічильника T1)
PD7(OC2)	21	I/O	D7(Вхід захвату таймера/лічильника T1)
AREF	32	P	Вхід опорного напруження для АЦП
AGND	31	P	Загальний вивід (аналоговий)
AV_{CC}	30	P	Вивід джерела живлення АЦП
GND	11	P	Загальний вивід
V_{CC}	10	P	Вивід джерела живлення

Як і всі мікроконтролери AVR фірми "Atmel", мікроконтролери сімейства Mega є 8-розрядними мікроконтролерами призначеними для програм, що вбудовуються. Вони виготовляються по мало споживаючої КМОП-технології, що у сполученні з удосконаленою RISC - архітектурою дозволяє досягти найкращого співвідношення швидкодія/енергоспоживання. Мікроконтролери описуваного сімейства є найбільш розвинутими представниками мікроконтролерів AVR.

Характеристики процесора:

Основні характеристики процесора мікроконтролерів сімейства Mega:

- цілком статична архітектура; мінімальна тактова частота дорівнює нулю;
- АЛУ підключено безпосередньо до регістрів загального призначення;
- більшість команд виконуються за один машинний цикл;

- багаторівнева система переривань; підтримка черги переривань.
- У той же час процесор мікроконтролерів сімейства Mega має ряд характеристик, властивому саме цьому сімейству:
- найбільше число джерел переривань (до 27 джерел, з них до 8 зовнішніх);
- наявність програмного стека у всіх моделях сімейства;
- наявність апаратного помножувача.

4.2 Периферійні пристрої

Мікроконтролери сімейства Mega мають найбільш багатий набір периферійних пристроїв (ПП). При цьому в більшості моделей маютьсся всі ПП, що взагалі зустрічаються в складі мікроконтролерів AVR. Цими пристроями є:

- 8-розрядні таймери/лічильники (таймери T0 і T2). У ряді моделей ці таймери/лічильники можуть працювати як години реального часу (в асинхронному режимі);
- 16-розрядні таймери/лічильники (таймери T1 і T3);
- сторожовий таймер WDT;
- генератори сигналу із ШИМ розрядністю 8 біт (один з режимів роботи 8-розрядних таймерів/лічильників T0 і T2);
- одне-, двох- і трьохканальні генератори сигналу із ШИМ регульованої розрядності (один з режимів роботи 16-розрядних таймерів T1 і T3). Дозвіл ШИМ - сигналу для різних моделей складає 8...10 біт або 1...16 біт;
- аналоговий компаратор;
- багатоканальний 10-розрядний АЦП як з несиметричним, так і з диференціальними входами;
- повно дуплексний універсальний асинхронний прийомопередатчик (UART);
- повно дуплексний універсальний синхронний/асинхронний прийомопередатчик (USART);
- послідовний синхронний інтерфейс SPI;

- послідовний двухпровідний інтерфейс TWI.

4.3 Архітектура ядра

Ядро мікроконтролерів AVR сімейства Mega виконано по удосконаленій RISC - архітектурі (enhanced RISC). Арифметико-логічний пристрій (АЛУ), що виконує усі обчислення підключено безпосередньо до 32-х робітничих регістрів, об'єднаних у реєстровий файл. Завдяки цьому АЛУ виконує одну операцію (читання вмісту регістрів, виконання операцією запис результату назад у реєстровий файл) за один машинний цикл. Практично кожна з команд (за винятком команд у яких одним з операндів є 16-розрядна адреса) займає одну комірку пам'яті програм. У мікроконтролерах AVR реалізована Гарвардська архітектура, що характеризується роздільною пам'яттю програм і даних, кожна з яких має власні шини доступу до них. Така організація дозволяє одночасно працювати як з пам'яттю програм, так і з пам'яттю даних. Поділ шин доступу дозволяє використовувати для кожного типу пам'яті шини різної розрядності, причому способи адресації і доступу до кожного типу пам'яті також різні.

Ще одним рішенням, спрямованим на підвищення швидкодії, є використання технології конвеєризації. Конвеєризація полягає в тому, що під час виконання поточної команди виробляється вибірка з пам'яті і дешифрування коду наступної команди. Причому, оскільки тривалість машинного циклу мікроконтролерів AVR складає всього один період тактового генератора, вони можуть забезпечувати ту ж продуктивність, що і RISC-мікроконтролери інших фірм, але при більш низькій тактовій частоті.

Основні параметри мікроконтролера ATmega16:

- Пам'ять програм (FLASH) – 16кб;
- Пам'ять даних (EEPROM) – 512 байт;
- Пам'ять даних (ОЗУ) – 1кб;
- Кількість ліній вводу/виводу – 35;
- Напруга живлення – 4,5...5,5 В;
- Тактова частота – 0...16 МГц;

– Тип корпусу – DI-40.

4.4 Тактування

З мікроконтролерами сімейства Mega можуть використовуватися самі різні джерела тактового сигналу. Насамперед, це убудований кварцовий генератор із зовнішнім резонатором, що підключається. Також у якості тактового може використовуватися найпростіший RC-генератор – як внутрішній, так і з зовнішнім RC-ланцюжком. Крім того, у якості тактового може використовуватися зовнішній сигнал синхронізації.

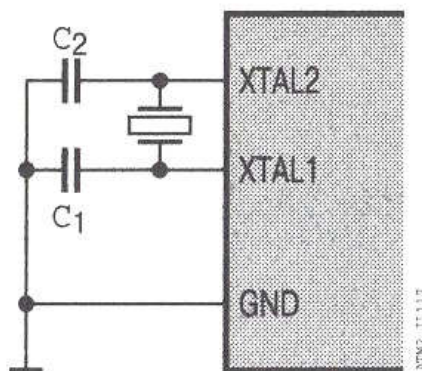


Рис. 4.2 – Тактовий генератор із зовнішнім резонатором

Резонатор підключається до виводів XTAL1 і XTAL2 мікроконтролерів, як показано на рисунку 4.2. Ці виводи є відповідно входом та виходом підсилювача тактового генератора, що інвертує. Ємності конденсаторів C_1 і C_2 , що підключаються між выводами резонатора і загальним доводом, залежать від типу резонатора. Для кварцових резонаторів ємності цих конденсаторів знаходяться в межах 12...22 пФ, а для керамічних резонаторів повинні вибиратися відповідно до рекомендацій виробників резонаторів.

4.5 Аналого-цифровий перетворювач

Модуль 10-розрядного АЦП послідовного наближення входить склад моделей АТmega16. Основні параметри цього АЦП наступні:

- абсолютна похибка: ± 2 МЗР;
- інтегральна похибка: $\pm 0,5$ МЗР;
- швидкодія: до 15 тис. вибірок/с.

На вході модуля АЦП усіх моделей мається 8-канальний аналоговий мультиплексор, що надає в розпорядження користувача 8 каналів з несиметричними входами.

У моделі АТmega16 входи АЦП можуть також поєднуватися попарно для формування в цілому до 13 каналів з диференціальним входом. Два канали при цьому мають можливість 20- і 200-кратного попереднього посилення вхідного сигналу. При коефіцієнтах підсилення 1х і 20х дійсна здатність, що дозволяє, складає 8 розрядів, а при коефіцієнті підсилення 200х - 7 розрядів.

Як джерело опорної напруги для АЦП може використовуватися як напруга живлення мікроконтролера, так і внутрішнє або зовнішнє джерело опорної напруги.

У процесі роботи АЦП може функціонувати в двох режимах:

- режим одиночного перетворення, коли запуск кожного перетворення ініціюється користувачем;
- режим безперервного перетворення, коли запуск перетворень виконується безупинно через визначені інтервал часу.

4.6 Підвищення точності перетворення

Насамперед, для мінімізації похибки самого АЦП необхідно правильно вибрати тактову частоту перетворення. З цією ж метою на вході АЦП рекомендується установлювати фільтр низьких частот.

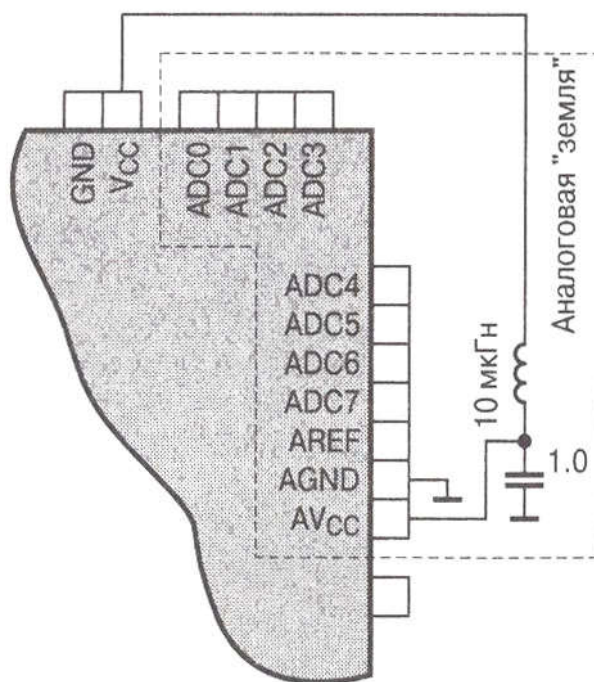


Рис. 4.3 – Підключення фільтра низьких частот

Універсальний асинхронний (синхронний/асинхронний)
прийомопередатчик

Модулі USART при роботі в асинхронному режимі сумісні з модулями UART як по розташуванню розрядів керуючих регістрів, так і по функціонуванню. Невеликі розходження маютьесь тільки в роботі схеми буферизації блоку приймача модулів і в назві (але не в призначенні) деяких розрядів керуючих регістрів.

Усі модулі прийомопередатчиків забезпечують повний дуплексний обмін по послідовному каналі, при цьому швидкість передачі даних може варіюватися в досить широких межах. У модулях UART посилка може бути 8- або 9-розрядної, а в модулях USART її довжина може складати від 5 до 9 розрядів. Ще одною особливістю модулів USART є наявність схем формування і контролю парності.

Модулі USART/UART, реалізовані в мікроконтролерах сімейства, можуть знайти наступні позаштатні ситуації:

- переповнення;

- помилка кадрування;
- невірний старт-біт.

Для зменшення імовірності збоїв у модулях також реалізована така корисна функція, як фільтрація перешкод.

4.7 Мікросхема PST529

На рисунку 4.4 зображено мікросхему PST529, а на рисунку 4.5 – типова схема включення.

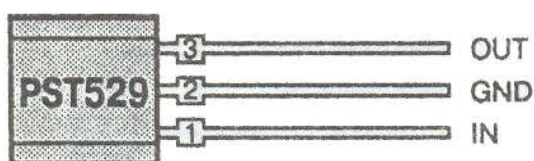


Рис. 4.4 – Мікросхема PST529

Таблиця 4.2

Основні характеристики мікросхеми PST529

Споживаний струм:	Величина
При низькому рівні на виході	150 мкА
При високому рівні на виході	5 мкА
Значення напруги низького рівня на виході	0,8 В
Рівень напруги живлення по якому формується сигнал збросу	4,5 В

Основне призначення мікросхеми PST529 – забезпечення установки у вихідний стан, перезапуску мікропроцесорних або інших логічних систем при зниженій напрузі під час включення живлення, або після несанкціонованого відключення живлення такої системи.

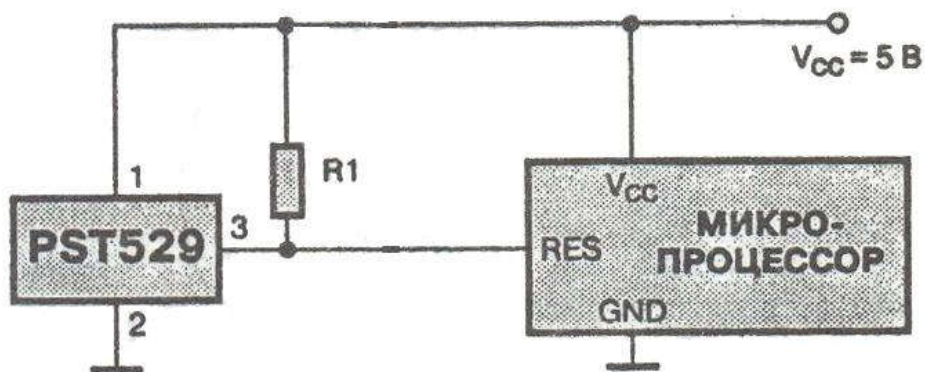


Рис. 4.5 – Типова схема включення мікросхеми PST529

4.8 Прецизійне джерело опорної напруги REF198

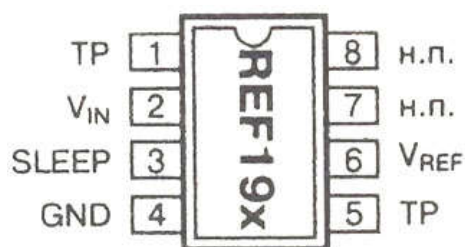


Рис. 4.6 – Прецизійне джерело опорної напруги REF198

Таблиця 4.3

Основні характеристики мікросхеми REF198

Параметр	Величина
Технологічний розкид	± 2 мВ (макс.)
Номінальна вихідна напруга	4,096 В
Споживаний струм	45 мкА (max) без навантаження на виході
Вихідний струм	до 30 мА
Захист від короткого замикання на виході	
Вхідна напруга	4,5...15 В

REF19х - це сімейство прецизійних джерел опорної напруги, заснованих на ефекті ширини забороненої зони. У цих джерелах використовується спеціальна схема корекції температурної характеристики і лазерне підстроювання (у процесі виготовлення) високо стабільних тонко плівкових резисторів, що дозволяє досягти вкрай малого температурного коефіцієнта і високої початкової точності.

REF19х - це сімейство мікропотужних джерел з малим перепадом між напругою живлення і вихідною напругою (Low Dropout Voltage - LDV): вони дають стабільну номінальну вихідну напругу V_{out} при напругах живлення V_{in} і $V_{out} + 100mB$, тобто аж до значення $V_{out} + 100mB$, при цьому струм, споживаний по живленню, складає менш 45 мкА (без навантаження на виході). У черговому режимі (зі зниженим енергоспоживанням), у який джерела переходять при подачі низького ТТЛ або КМОП рівня на вивід SLEEP, вихід джерела відключається (переходить у високоімпедансний стан), і струм, споживаний по живленню, знижується до менш ніж 15 мкА.

REF19х випускаються в 8-вивідних корпусах SOI і PDI; у корпусах SOI випускаються всі модифікації, а в корпусах PDI - тільки ІС з нижчим рівнем якості (буквений індекс JP). REF19х випускаються також у безкорпусному виді (у виді кристалів). Можливе постачання стабілізаторів у корпусі типу TSSOP.

4.9 Мікросхема MAX3232

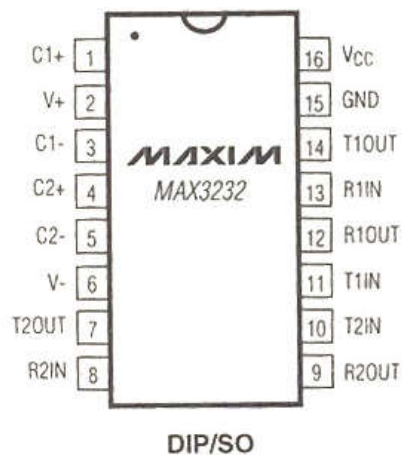


Рис. 4.7 – Мікросхема MAX3232

Основне призначення мікросхеми - сполучення логічних рівнів різних 5В сімейств логічних елементів.

MAX3232 зберігає мінімальну вихідну напругу $\pm 5.0\text{В}$ навіть при високій швидкості передачі даних.

MAX3232 мають власний високо надійний передавальний вихідний каскад який дозволяє функціонування в межах від 3.0В до 5.5В постачених подвійним живленням. Пристрою необхідні тільки малі 0.1 мкФ зовнішні конденсатори і пристрій гарантує швидкість передачі даних 120kbps. Цей пристрій ідеальний для 3.3В систем, змішаних 3.3В і 5В систем, або 5В систем які має потребу в роботі з RS-242. MAX3232 має два передавачі і два приймачі. У MAX3232 виводи, корпус, і функціональність відповідають промислового стандарту MAX232.

4.10 Пристрій автоматичного регулювання

Структурна схема пристрою автоматичного регулювання представлена в додатках.

Підсилювач несучої частоти виконаний на мікросхемах A1, A2, призначений для посилення сигналу від індуктивного датчика та сигналу компенсації неточного встановлення абсолютного нуля перетворювача.

Резистором R4 відбувається грубе регулювання рівня сигналу компенсації під час випуску приладу на заводі-виробнику. Резистором R8 відбувається балансування індуктивного датчика.

Фазовий демодулятор виконаний на мікросхемі A5, призначений для виділення огибаючої несучої частоти. Формувач напруги прямокутної форми Ф3 керує ключами VT2.

Фільтр нижніх частот R28, R29, R30, C1, C8, C9 та A6 призначений для заглушення несучої частоти та виділення корисного низькочастотного сигналу. Цей сигнал подається на ланку автоматичного регулювання, що виконана на мікросхемі A4 та представляє собою інтегратор-диференціатор з потужним виходом на транзисторах VT3, VT4.

Напруга з емітерів VT3, VT4 через перемикач границь вимірювань та резистори R24, R25, R26 поступає в обмотку зворотного зв'язку магнітоелектричної системи регулювання положення маятника перетворювача.

Узгоджувальний пристрій складається з двох ланок: масштабного підсилювача з регулюючим коефіцієнтом передачі (R36) на мікросхемі A7 та суматора A8. на вході масштабного посилювача увімкнений фільтр R32, R33, R34, R35, C10, постійна часу якого задається. Сигнал з виходу A7 через резистор калібрування аналогового виходу R2 подається на один з входів суматора. Другий вхід суматора використовується для підключення сигналу плавного електричного зсуву показань ПЦІ, третій вихід служить для підключення сигналу від іншого аналогічного приладу при диференційному включенні. Сигнал з виходу суматора використовується для подальшого перетворення.

Висновки за розділом 4

В даному розділі описано елементи, які необхідні для безпосереднього сполучення перетворювача з ЕОМ. Приведено характеристику процесора, периферійні пристрої мікроконтролера, архітектуру ядра мікро контролера, джерела тактового сигналу.

Також описано схему пристрою автоматичного регулювання, яка забезпечує проходження сигналу від перетворювача, та описали принцип роботи.

РОЗДІЛ 5. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Відповідно до ГОСТ 1.25-76 "Метрологічне забезпечення. Основні положення", метрологічне забезпечення - встановлення і застосування наукових і організаційних основ, технічних засобів, правил і норм, необхідних для досягнення єдності і необхідної точності вимірювань.

Згідно Закону України [18] результат вимірювання відхилення від площинності допускається до застосування, якщо він визначається повіреними, відкаліброваними або метрологічно атестованими засобами вимірювальної техніки (ЗВТ), з відомими похибками вимірювання.

5.1 Метрологічне забезпечення на стадії розробки технічного завдання та проектування конструкторської документації

Комплект конструкторської документації підлягає метрологічній експертизі відповідно до вимог МІ 1325-86 (МУГСІ. Метрологічна експертиза конструкторської і технологічної документації. Основні положення і задачі) [19].

Метрологічна експертиза (МЕ) конструкторської і технологічної документації - аналіз і оцінка технічних рішень на вибір параметрів, що підлягають вимірюванню, встановленню норм точності вимірювань і забезпеченню методами і засобами вимірювань процесів розробки, виготовлення, випробування і застосування продукції.

МЕ конструкторської і технологічної документації є частиною загального комплексу робіт з метрологічного забезпечення виробництва і може бути частиною експертизи проектів технічної документації. Вона проводиться з метою забезпечення ефективності контрольно-вимірювальних операцій на стадіях розробки, виготовлення, випробування і застосування продукції.

МЕ конструкторської і технологічної документації здійснюється відповідно до положень стандартів ГСВ, ЄСКД і інших державних стандартів, що встановлюють метрологічні правила, норми і положення.

МЕ конструкторської і технологічної документації виконується підрозділами метрологічної служби підприємств (організацій), а також конструкторськими, технологічними й іншими підрозділами, що розробляють конструкторську і технологічну документацію під методичним керівництвом і контролем метрологічної служби підприємства, головних і базових організацій метрологічної служби.

Номенклатура продукції, документація на яку приходитьсЯ МЕ, встановлюється підприємствами (організаціями).

При наявності всієї необхідної нормативної документації, що встановлює метрологічні, положення і норми, МЕ може здійснюватися у формі метрологічного контролю.

Конкретні види конструкторських і технологічних документів, що підлягають метрологічній експертизі чи метрологічному контролю на різних стадіях розробки, порядок представлення конструкторської і технологічної документації на метрологічну експертизу, методики проведення експертизи окремих видів документів, підрозділу підприємств (організацій), що проводять експертизу, і тривалість експертизи встановлюються в залежності від виду продукції і характеру виробництва галузевими стандартами, стандартами підприємств і наказами по підприємству (організації).

Конструкторська і технологічна документація, що пройшли метрологічну експертизу, перевіряється особами, що відповідають за її проведення.

Результати МЕ конструкторської і технологічної документації, що надійшла від інших організацій і підприємств, а також результати МЕ, по яких потрібно оформлення змін конструкторської і технологічної документації чи розробка заходів щодо підвищення ефективності метрологічного забезпечення, викладаються в експертному висновку.

До числа основних задач МЕ конструкторської і технологічної документації відносяться:

- визначення оптимальності номенклатури вимірюваних параметрів при контролі з метою забезпечення ефективності і достовірності контролю якості і взаємозамінності;
- оцінка забезпечення конструкцією виробу можливості контролю необхідних параметрів у процесі виготовлення, випробування, експлуатації і ремонту виробів (контролепригодності конструкції) ;
- встановлення відповідності показників точності вимірювань вимогам ефективності і достовірності контролю і взаємозамінності;
- встановлення відповідності показників точності вимірювань вимогам забезпечення оптимальних режимів технологічних процесів;
- встановлення повноти і правильності вимог до засобів вимірювання (у тому числі нестандартизованим) і методикам виконання вимірювань;
- оцінка правильності вибору засобів вимірювання (у тому числі нестандартизованих) і методик виконання вимірювань;
- виявлення можливості переважного застосування уніфікованих, автоматизованих засобів вимірювань, що забезпечують одержання заданої точності вимірювань і необхідної продуктивності;
- оцінка забезпечення застосовуваними засобами вимірювання мінімальних трудомісткості і собівартості контрольних операцій при заданій точності;
- встановлення переважного застосування стандартизованих методик виконання вимірювань;
- оцінка відповідності продуктивності засобів вимірювань продуктивності технологічного устаткування;
- визначення доцільності обробки на ЕОМ результатів вимірювань, наявності стандартних чи спеціальних програм обробки і відповідності їх вимогам, пропонованим до обробки результатів вимірювань (округлення, розрядність тощо), а також до форм представлення результатів вимірювань, контролю й випробувань;
- встановлення правильності найменувань і позначень фізичних величин і їх одиниць;

- встановлення правильності вказівок по організації і проведенню вимірювань для забезпечення безпеки праці.

Перелічені задачі МЕ можуть конкретизуватися в галузевих документах по МЕ конструкторської і технологічної документації з врахуванням специфіки розроблюваної документації і продукції, що випускається.

За результатами метрологічної експертизи оформляється акт в довільній формі.

5.2 Метрологічне забезпечення на стадії розробки

На стадії розробки технічної документації метрологічне забезпечення на виготовлення плати також заключається в проведенні МЕ технологічної документації відповідно до пп. 5.1.

Якщо результат МЕ технічної документації позитивний, то оформлюється акт в довільній формі.

5.3 Метрологічне забезпечення на стадії випробування

На стадії виготовлення установки (монтажу установки, виготовлення плати), а також випробування, проводиться метрологічний контроль та метрологічний надзор, що полягає в дотриманні метрологічних норм та правил (вибір та застосування ЗВТ, періодичного підтвердження їх придатності). Що забезпечують єдність та точність вимірювань технологічних параметрів.

Оформлюється паспорт на установку.

5.4 Метрологічне забезпечення на стадії випробування

У зв'язку з тим, що установка для визначення відхилення від площини повірочних та розмічальних плит не призначена для серійного випуску, а лише для випуску одиничними екземплярами, то на неї розповсюджуються вимоги ДСТУ 3215-95 «Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення» [13], відповідно до яких повинні бути розроблені програма та методика її метрологічної атестації.

В стандарті ДСТУ 3215-95 встановлені вимоги до організації метрологічної атестації (МА) і метрологічної атестації ЗВТ, порядок її проведення та оформлення результатів.

Завданнями метрологічної атестації ЗВТ є:

- визначення та встановлення відповідності метрологічних характеристик ЗВТ вимогам технічного завдання на розробку та іншим нормативним документам (далі - ТЗ та НД), що поширюються на відповідні ЗВТ;
- перевірка правильності вибору методів і засобів повірки (калібрування) ЗВТ, які наведені в експлуатаційній документації;
- перевірка методики повірки (калібрування);
- встановлення придатності ЗВТ до застосування.

ЗВТ, які пройшли метрологічну атестацію і допущені до застосування, під час експлуатації та після ремонту підлягають повірці (калібруванню) згідно методики, зазначеної у свідоцтві про атестацію.

Відповідно ДСТУ 3215-95 дозволяється поєднувати програму і методику метрологічної атестації. Ця програма і методика метрологічної атестації (ПМА) поширюється на установку для визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит і встановлює зміст та методику метрологічної атестації.

Розгляд технічної документації

Під технічною документацією розуміється комплект конструкторської та технологічної документації, паспорти на плату та ЗВТ, що входять до складу установки, а також акти позитивного результату проведення МЕ цих документів. Комплект конструкторської й технологічної документації піддається метрологічній експертизі відповідно до вимог МІ 1325-86. На рівень електроний має бути свідоцтво про МА у відповідності до ДСТУ 3215-95.

Перевіряється відповідність наведених у документації метрологічних та технічних характеристик вимогам ТЗ та іншим нормативним документам. Також перевіряється повнота, правильність та спосіб вираження метрологічних характеристик; повнота та правильність вибраних методів і засобів калібрування.

Оцінюється експлуатаційна документація щодо зручності користування нею споживачів. Перевіряється повнота та правильність встановлення в експлуатаційній документації характеристик ЗВТ щодо безпеки та охорони довкілля відповідно до нормативних документів, що поширюються на ЗВТ.

Таблиця 5.1

Операції та ЗВТ метрологічної атестації

№ п/п	Назва операції	Пункт методики	ЗВТ, що застосовують під час атестації	Примітка
1	Перевірка комплектності, маркування та зовнішнього вигляду	5.4.4.1		Відповідно до вимог конструкторської документації
2	Перевірка умов атестації та характеристик зовнішнього середовища	5.4.4.2		
3	Перевірка працездатності та опробування	5.4.4.3		Відповідно до інструкції по експлуатації
4	Визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит	5.4.4.4	Установка для визначення відхилення від площини	
5	Обробка результатів вимірювання.	5.4.4.5		
6	Визначення сумарної відносної похибки	5.4.4.6		
7	Оформлення результатів атестації	5.4.4.7		

Умови повірки та підготовка до неї

Температура приміщення, в якому проводять повірку, має бути 20°C з відхиленнями, що допускаються:

$\pm 3^{\circ}\text{C}$ – плит класу точності 00 та 2, 3 розрядів;

$\pm 4^{\circ}\text{C}$ – для плит класів точності 0 та 1;

$\pm 6^{\circ}\text{C}$ – для плит класів точності 2 та 3.

Швидкість зміни температури під час повірки не повинна перевищувати 1°C.

Для забезпечення спостереження за температурою використовується температурний регістратор. Заздалегідь (не менше 12 годин) до проведення повірки необхідно встановити температурний регістратор біля плити. Це дасть можливість відслідкувати діапазон температур, в яких перебувала плита, та швидкість їх зміни.

Безпосередньо перед повіркою треба проаналізувати данні температурного регістратора, та зробити висновок про можливість проведення повірки.

Плита повинна бути витримана в приміщенні, де проводять повірку не менше 12 годин.

У зв'язку з тим, що установка дозволяє проводити повірку безпосередньо на місці експлуатації, то плита задовольняє умову по витримці в приміщенні, де проводиться повірка.

Плита має бути ретельно промита бензином – розчинником марки БР-1 по ГОСТ 443 або іншими знежирюючими засобами та протерта серветкою.

Робоча поверхня плити має бути встановлена в горизонтальне положення. Для перевірки горизонтальності використовують брусковий рівень з ціною поділки 0,02 мм/м по ГОСТ 9392-89 [9]. Вимірювання проводять в центральній точці та по краях плити. Зміщення бульбашки брускового рівня відносно нульової поділки в центрі плити не повинне перевищувати двох поділок шкали. На інших ділянках поверхні бульбашка повинна знаходитися в межах шкали рівня.

Якщо зміщення бульбашки перевищує вказані, то проводять регулювання положення плити, змінюючи висоту опор. У цьому випадку повірку плит розміром 630х400 мм та більше, класів точності 2 та 3, проводять не раніше ніж через 12 годин після завершення регулювання, а класів точності 00, 0 та 1 – не раніше ніж 24 години.

На аркуші паперу креслять план робочої поверхні плити з зазначенням перізів та точок в яких будуть проводитись вимірювання для визначення відхилення від площини плити, наприклад як зображено на рисунку 5.1.

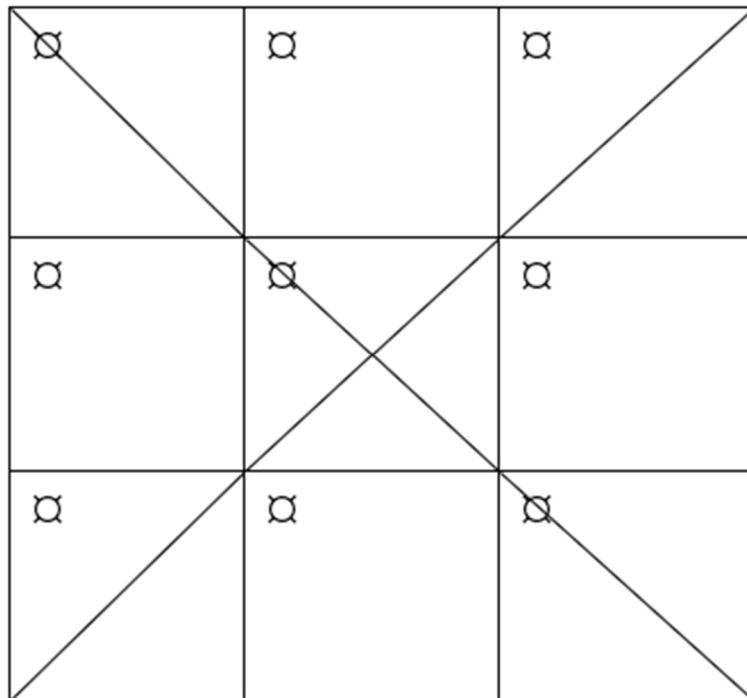


Рис. 5.1 – Точки вимірювання

На бокових поверхнях плити крейдою або кольоровим олівцем наносять відмітки навпроти точок, що перевіряють, відповідно до плану.

Методика досліджень

Згідно ДСТУ 3215-95 у даному розділі викладається методика виконання всіх операцій, із зазначенням умов проведення вимірювань, послідовності

проведення операцій, кількості серій вимірювання, методики оброблення результатів спостережень, обчислення та вираження похибок.

Перевірка комплектності, маркування та зовнішнього вигляду

Склад і обладнання установки повинне відповідати конструкторській документації.

Перед включенням установки, відповідно до інструкції охорони праці та техніки безпеки, необхідно:

- перевірити комплектність установки;
- зробити зовнішній огляд технічного стану повірочної плити та установки для визначення відхилення від площини;
- перевірити наявність клейма чи ідентифікаційних етикеток на ЗВТ;
- переконатися в правильності підключення, цілісності ізоляції і т.д.
- Випробування;
- Включити установку і переконатися в її працездатності.

Перевірка умов калібрування та характеристик зовнішнього середовища

При виконанні вимірювань відхилення від площини повірочних та розмічальних плит повинні дотримуватися обмеження по експлуатації об'єкта випробувань.

При проведенні атестації установки повинні дотримуватися умови зовнішнього середовища відповідно до ГОСТ 8050-73 «Нормальні умови виконання лінійних та кутових вимірювань» [12], а саме:

- температура, відносна вологість і барометричний тиск повітря в приміщенні повинні відповідати нормам, які установлені для них у НД по експлуатації;
- температура повинна знаходитися в інтервалі;
- відносна волога: 40...80%;
- атмосферний тиск (101,3±4,0) кПа;

- зміна температури повітря в приміщенні під час атестації не повинна бути більше $\pm 0,5$ °C протягом 1 години;
- живлення повинне здійснюватися стабілізованою напругою, зміна якої не повинна перевищувати 1 %;
- у приміщенні не повинно бути пилу, диму, газів і пари, що спричиняють корозію деталей вимірювальної установки;
- установка для визначення відхилення від площини повинна бути віддалена на відстань не менше 1 м від вікон, дверей, радіаторів опалення й інших пристроїв, що виділяють тепло, а також захищена від прямих сонячних променів;

Межі освітленості робочого простору при загальному освітленні:

- при люмінесцентних лампах 300 лк
- при лампах накаливання 150 лк

Для контролю температури в установці передбачено регістратор температури DS1922E. Він вимірює та реєструє температуру навколишнього середовища, що являється важливою умовою для повірки плит.

Відомо, що відхилення від його показань складає $\pm 7^{\circ}\text{C}$.

Для застосування регістратора температури в нашій установці та визначення за його допомогою дійсної температури його необхідно прокалібрувати по еталонному ЗВТ з абсолютною похибкою не більше $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ (наприклад, по ГОСТ 315-73 еталонним скляним ртутним термометрам з ціною поділки $0,1^{\circ}\text{C}$) в значеннях температур $+16\dots+24^{\circ}\text{C}$ та визначити дійсні поправки в цих значеннях температур, які використовуються та закладаються в розробку програмного забезпечення аналізу та обробки результатів вимірювання відхилення від площини повірочних та розмірочних плит.

Перевірка працездатності та випробування

Перевірку працездатності установки для визначення відхилення від площини необхідно виконувати відповідно до технічних вимог на ЗВТ, що використані в ній.

Визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит (експериментальні дослідження)

Відхилення від площини повірочних та розмірочних плит визначається за допомогою установки, яка включає в себе електронний рівень.

Метрологічна атестація установки проводиться на еталонному ЗВТ в якості якого може виступати плита повірочна класу точності 00.

Метрологічна атестація проводиться Державною метрологічною службою в цілях економічної ефективності, так як використовується еталонний ЗВТ. Придбання такого еталонного ЗВТ є економічно не вигідним та недоцільним.

Повірка проводиться відповідно до методики, що викладено в МІ 2007-89 [15] з використанням рівня електронного.

При визначенні відхилень від площини робочої поверхні плит проводять вимірювання в повздовжніх, поперечних та в двох діагональних розрізах. У плит класу точності 1 та нижче допускається не перевіряти проміжні поперечні розрізи.

При повірці плит класу точності 0 повинно бути виконано не менше двох незалежних вимірювань. За результат приймають середнє арифметичне значення.

Кількість точок, що перевіряються, обирають в залежності від розміру плити у відповідності до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Кількість точок, що перевіряються

Розмір довшої сторони плити, мм	Найменше число точок, що перевіряються
160, 250	3
400	4
630, 1000	5
1600	7
2000, 2500	9

Відстань між точками, що перевіряються, в поперечному розрізі не повинна перевищувати відстані в поздовжньому. Рекомендується розміщати точки на однакових відстанях. Для діагональних розрізів відстань може бути іншою, однак при цьому повинна вкладатися ціле число кроків.

Для правильного визначення знаків відхилення від допоміжної площини вимірювання та обробку результатів в кожному перерізі необхідно починати з крайньої ділянки, що знаходиться зліва по відношенню до оператора, який стоїть обличчям до плити.

Перетворювач рівня електронного закріплюють на вимірювальній каретці, відстань між опорами якої встановлюють рівною відстані між точками, що перевіряються. Електронний блок та комп'ютер встановлюють біля плити на відстані, яку максимально забезпечують з'єднуючі проводи, але таким чином, щоб забезпечувався вільний рух перетворювача. Коли все налаштовано можна переходити до вимірювань.

Для прискорення процесу вимірювання застосовують лінійку типу ШД, довжина якої дорівнює довжині перерізу, що перевіряється, або перевищувала її так, щоб вона торкалася плити бічними поверхнями. Робочу поверхню лінійки використовують як направляючу вздовж якої переміщують каретку з перетворювачем.

При вимірюванні в крайніх розрізах опори вимірювальної каретки встановлюють напроти відміток на бічній поверхні плити. Положення точок, що перевіряються в проміжних та діагональних розрізах визначають рулеткою, натягнутою між відмітками на протилежних бічних поверхнях плити або по відміткам на повірочній лінійці типу ШД.

Встановивши каретку з перетворювачем на першу ділянку, яка обмежена точками 0 та 1, фіксують значення на комп'ютері, після чого каретку встановлюють на інші ділянки перерізу, що перевіряється, і також фіксують значення.

Після цього каретку встановлюють навпроти наступного перерізу та повторюють всі операції в тій же послідовності.

Такий метод називається шаговим.

Обробка результатів вимірювання

Для визначення значення відхилення від площини плит відповідно до ГОСТ 24642 необхідно знайти найбільшу відстань поверхні, що повіряється, до дотичної площини.

Насамперед визначають загальний рельєф поверхні. В якості допоміжної приймають площину, що проходить через центральну точку поверхні паралельно прямим, що з'єднують точки протилежних кінців діагональних розрізів.

При вимірюванні в усіх повздовжніх та поперечних перерізах для проміжних точок плити отримують по два значення відхилення від допоміжної площини. Розходження цих значень не повинно перевищувати 1/3 допуску на відхилення від площини. Інакше вимірювання необхідно повторити. За результат вимірювання в точці приймають середнє арифметичне значення всіх результатів.

З допустимим відхиленням від площини порівнюють найбільше додатнє чи від'ємне відхилення від допоміжної площини, якщо відхилення всіх точок поверхні мають один знак, або алгебраїчну різницю найбільших додатнього та від'ємного відхилень, якщо відхилення точок мають різні знаки.

Ці значення завжди більші ніж відхилення від прилеглої площини, тому якщо вони не перевищують допустимих відхилень від площини, плиту можна віднести до відповідного розряду чи класу точності без будування прилеглої площини.

Обробку результатів починають з обчислення ординат профілів діагональних перерізів.

Всі отримані при вимірюванні в даному перетині показань $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, що виражені в кутових секундах, помножують на постійну C .

$$C = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot l. \quad (5.1)$$

l – відстань між опорами основи або каретки.

Значення $h_1 = C \cdot \alpha_1$; $h_2 = C \cdot \alpha_2$, ...; $h_n = C \cdot \alpha_n$ показують наскільки кожна точка вище, або нижче попередньої. Приймають $y_0 = 0$. Ординати останніх точок визначають за формулами:

$$y_1 = h_1. \quad (5.2)$$

$$y_2 = y_1 + h_2. \quad (5.3)$$

$$y_3 = y_2 + h_3. \quad (5.4)$$

$$y_n = y_{n-1} + h_n. \quad (5.5)$$

В загальному вигляді

$$y_i = y_{i-1} + h_i. \quad (5.6)$$

де i – порядковий номер точки, ординату якої обчислюють.

Аналогічно обчислюють ординати точок в другому діагональному перерізі, після чого визначають відхилення від допоміжної площини в центральній та чотирьох кутових точках плити. Для цього використовують значення ординат крайніх точок y_0 і y_n та ординати центральної точки y_u , отримані при обробці результатів вимірювань в діагональних перерізах.

Нехай y_0 , y_n і y_u - ординати точок однієї з діагоналей. Так як допоміжна площина проходить через центральну точку, відхилення в ній H_u повинно дорівнювати нулю, тому значення ординати в центральній точці віднімають від значень усіх ординат. Отримують $y'_0 = y_0 - y_u$, $y'_u = y_u - y_u$ та $y'_n = y_n - y_u$. Допоміжна площина паралельна прямій, що з'єднує крайні точки діагоналей, відповідно, відхилення її від крайніх точок H_0 та H_n повинні бути рівні між собою. Їх визначають з співвідношення:

$$H_n = H_0 = \frac{y'_0 + y'_n}{2}. \quad (5.7)$$

Таким же способом обчислюють відхилення в крайніх точках другої діагоналі.

Визначивши значення відхилень в чотирьох кутових точках та центральній точці проводять їх оцінку. В залежності від результату плиту або бракують, або переходять до обробки результатів вимірювання в повздовжніх та поперечних перерізах, використовуючи чотири кутові точки як точки «прив'язки».

Насамперед обчислюють ординати та знаходять відхилення від допоміжної площини точок крайніх поперечних перерізів. Обчислення ординат проводять в такій же послідовності, як і для діагональних перерізів. Нехай для крайнього поперечного перерізу, що розглядається, отримані ординати $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ ($0, 1, 2, \dots, n$ – номері точок перерізу). Позначимо відхилення в крайніх точках однієї діагоналі H_I , а в крайніх точках другої – H_{II} . Точка 0, перерізу що розглядається, співпадає з точкою діагонального перерізу, яка має відхилення від допоміжної площини, що дорівнює H_I , а точка n – з точкою, яка має відхилення H_{II} . Тому відхилення ординат поперечного перерізу будуть відповідати відхиленням від допоміжної площини, якщо при обробці результатів перетворити їх таким чином, щоб ординати крайніх точок 0 та n будуть дорівнювати відповідно H_I та H_{II} . Ордината точки 0 завжди дорівнює нулю. Для того щоб отримати в ній значення H_I не змінивши форми профілю перерізу, до ординат точок y_i всіх точок додають число H_I та отримують ординати $y'_0 = y_0 - H_I$; $y'_1 = y_1 - H_I$; $y'_2 = y_2 - H_I$, $y'_n = y_n - H_I$. Ордината в точці y'_n в точці n повинна дорівнювати H_{II} . Якщо y'_n відмінна від H_{II} , то визначають різницю $\delta = H_{II} - y'_n$, та в усіх точках, крім точки з номером 0, додають до значень y'_i поправки δ_i . Ці поправки визначаються за формулою:

$$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i. \quad (5.8)$$

де n – номер останньої точки; i – номер точки, для якої обчислюють поправку.

Отже,

$$\delta_1 = \frac{\delta_n}{n} \cdot 1; \delta_2 = \frac{\delta_n}{n} \cdot 2, \dots, \delta_{n-1} = \frac{\delta_n}{n} \cdot (n-1). \quad (5.9)$$

Відхилення від допоміжної площини H_i будуть дорівнювати:

$$H_0 = H_I; H_1 = y'_1 + \delta_1, H_2 = y'_2 + \delta_2, \dots, H_n = y'_n + \delta_n. \quad (5.10)$$

Аналогічно обчислюють відхилення в точках другого крайнього поперечного перерізу. Потім, вважаючи протилежні точки крайніх перерізів точками «прив'язки», таким же чином визначають відхилення від допоміжної площини в усіх повздовжніх перерізах.

Якщо проводились вимірювання в проміжних поперечних перерізах, то відхилення від допоміжної площини в них обчислюють, вважаючи точками «прив'язки» протилежні точки крайніх повздовжніх перерізів.

Потім оцінюють відхилення від площинності плити, що перевіряють.

Визначення сумарної відносної похибки

Обробка результатів експериментальних досліджень зводиться до визначення граничної сумарної відносної похибки при багатократному вимірюванні [8].

Для розрахунку по даній методиці береться зразкова плита класу точності 00 з відхиленням від площини 6 мкм розмірами 1600×1000 мм з урахуванням значень поправок із свідоцтва, що видане державною метрологічною службою.

Дана методика розповсюджується на нормативно-технічну документацію, передбачену ГОСТ 8.010 і регламентуючу методику виконання прямих вимірювань з багатократними незалежними спостереженнями і встановлює основні положення методів обробки результатів спостережень і оцінювання похибок результатів вимірювань.

При статистичній обробці групи результатів спостережень слід виконати наступні операції:

- виключити відомі систематичні похибки з результатів спостережень;
- обчислити середнє арифметичне виправлених результатів спостережень, що приймається за результат вимірювання;
- обчислити оцінку середнього квадратичного відхилення результату вимірювання;

- перевірити гіпотезу про те, що результати спостережень належать до нормального розподілення
- обчислити довірчі границі випадкової похибки (випадкової складової похибки) результату вимірювання;
- обчислити границі невиключної систематичної похибки (невиключних залишків систематичної похибки) результату вимірювання.

Для визначення довірчих границь похибки результату вимірювання довірчу P приймають рівною 0,95.

У тих випадках, коли вимірювання не можна повторити, крім границь, які відповідають довірчій $P = 0,95$, допускається границі для довірчої $P = 0,99$.

Оцінка середнього квадратичного відхилення

Із ряду вимірювань, для попереднього виключення грубих вимірювань, виключаються найбільше та найменше значення спостережень.

Рекомендується також застосувати наступне правило: різниця між найбільшим та найменшим виміряними значеннями не повинна перевищувати при довірчій ймовірності 95%:

- $0,5\Delta$ – при 3 вимірюваннях;
- $1,0\Delta$ – при 5 вимірюваннях;
- $1,5\Delta$ – при 7 вимірюваннях;
- $2,0\Delta$ – при 9 вимірюваннях.

Δ – абсолютна похибка ЗВТ, визначається класом точності по ГОСТ 8401-80.

За результат вимірювання приймають середнє арифметичне результатів спостережень, в які заздалегідь введені поправки для виключення систематичних похибок.

Якщо у всіх результатах спостереження міститься постійна систематична похибка, допускається виключати її після обчислення середнього арифметичного не виправлених результатів спостережень.

Середнє арифметичне результатів вимірювання:

$$\tilde{A} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (5.11)$$

Середнє квадратичне відхилення результату вимірювання оцінюють згідно розділу 1 ГОСТ 11.004—74.

Середнє квадратичне відхилення $\sigma(\tilde{A})$ результату вимірювання оцінюють по формулі

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{A})^2}{n(n-1)}}, \quad (5.12)$$

де x_i —і-й результат спостереження; $\tilde{A}$ — результат вимірювання (середнє арифметичне виправлених результатів спостережень); n — число результатів спостережень; $S(\tilde{A})$ — оцінка середнього квадратичного відхилення результату вимірювання.

Довірчі границі випадкової похибки результату вимірювання

Довірчі границі випадкової похибки результату вимірювання встановлюють для результатів спостережень, що належать нормальному розподіленню.

При числі результатів спостережень $n > 50$ для перевірки приналежності їх до нормального розподілення по ГОСТ 11.006—74 переважним є один із критеріїв: χ^2 Пірсона або ω^2 Мізеса — Смирнова.

При числі результатів спостережень $50 > n > 15$ для перевірки приналежності їх до нормального розподілення переважачим складений критерій.

При числі результатів спостережень $n \leq 5$ приналежність їх до нормального розподілення не перевіряють. При цьому знаходження довірчих границь випадкової похибки результату вимірювання по даній методиці можливе в тому випадку, якщо заздалегідь відомо, що результати спостережень належать до нормального розподілення.

Довірчі границі ε (без врахування знаку) випадкової похибки результату вимірювання знаходять по формулі

$$\varepsilon = tS(\tilde{A}), \quad (5.13)$$

де t — коефіцієнт Стюдента, який залежить від довірчої P і числа результатів спостережень n .

Довірчі границі невиключної систематичної похибки результату вимірювання

Невиключна систематична похибка результату утворюється складових, в якості можуть бути невиключні систематичні похибки:

- методу;
- ЗВТ;
- викликані іншими джерелами.

При підсумовуванні складових невиключної систематичної похибки результату вимірювання невиключні систематичні похибки ЗВТ кожного типу і похибки поправок розглядають як випадкові величини. За відсутності даних про вид розподілення випадкових величин їх розподілення приймають за рівномірне.

Границі невиключної систематичної похибки Θ , результату вимірювання, обчислюють шляхом побудови композиції невиключних систематичних похибок ЗВТ, методу і похибок, які викликані іншими джерелами. При рівномірному розподіленні невиключних систематичних похибок ці границі (без урахування знаку) можна обчислити за формулою

$$\Theta = k\sqrt{\Theta_{рівня}^2 + \Theta_{темп}^2 + \Theta_{поз}^2 + \Theta_{зр.плити}^2}, \quad (5.14)$$

де $\Theta_{рів} = 0,005$ мм/м = 0,5 — границя невиключної систематичної похибки рівня;

$\Theta_{темп} = 5\% = 0,05$ — границя температурної невиключної систематичної похибки;

$\Theta_{поз}$ — границя невиключної систематичної похибки позиціонування. Оскільки ця величина дуже мала, то в розрахунках нею можна знехтувати;

$\Theta_{\text{зр.плити}} = 0,006 \text{ мм/м} = 0,6$ — граница невиключної систематичної похибки зразкової плити класу точності 00;

$k = 1,1$ — коефіцієнт, який визначається прийнятою довірчою $P = 0,95$.

Після підстановки отримаємо:

$$\Theta = 1,1\sqrt{0,5^2 + 0,05^2 + 0,6^2} = 1,1 \cdot 0,78 = 0,86, \quad (5.15)$$

Границя похибки результату вимірювання

У випадку, якщо $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} < 0,8$, то невиключними систематичними похибками, в порівнянні з випадковими, нехтують і приймають границю похибки результату $\Delta = \epsilon$. Якщо $\frac{\Theta}{S(\tilde{A})} > 8$, то випадковою похибкою в порівнянні з систематичними нехтують і приймають границю похибки результату $\Delta = \Theta$.

Похибка, що виникає через однією зі складових похибок результату вимірювання при виконанні вказаних нерівностей, не перевищує 15%.

У випадку, якщо приведені вище нерівності не виконуються, то границю похибки результату вимірювання знаходять шляхом побудови композиції розподілення випадкових і невиключних систематичних похибок, що розглядаються як випадкові величини. Якщо довірчі границі випадкових похибок знайдені відповідно до розд 3 ГОСТ 8.207-76, то допускається обчислення похибки результату вимірювання Δ (без врахування знаку) за формулою:

$$\Delta = KS_{\Sigma}, \quad (5.16)$$

де K — коефіцієнт, який залежить від співвідношення випадкової та невиключної систематичної похибок;

S_{Σ} — оцінка сумарного середнього квадратичного відхилення результату вимірювання.

Оцінку сумарного середнього квадратичного відхилення результату вимірювання обчислюють за формулою:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_1^2}{3} + S^2(\tilde{A})}, \quad (5.17)$$

Коефіцієнт К обчислюють за емпіричною формулою:

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S(\tilde{A}) + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_1^2}{3}}}, \quad (5.18)$$

Результати атестації вимірювання відхилення від площини представляються у вигляді при довірчій ймовірності $P=0,95$.

У зв'язку з тим, що при визначенні похибки результату атестації установки за еталон прийнята плита класу точності 00 розмірами 1600x1000 мм з відхиленням 6 мкм, а результати дійсного відхилення взяті з врахуванням поправок зі свідоцтва та застосуванням рівня електронного з похибкою 0,005 мм/м, очікуваний результат вимірювання Θ буде кращим ніж застосування еталонного ЗВТ відповідно до державної повірочної схеми та методики МІ 2007-89.

Якщо установка пройшла метрологічну атестацію в органах державної метрологічної служби та забезпечує необхідну точність вимірювання, то вона допускається до калібровки.

Оформлення результатів атестації

Позитивні результати метрологічної атестації установки для визначення відхилення від площини плит повірочних та розмічальних оформлюють свідоцтвом про атестацію за встановленою формою.

В подальшому при експлуатації виконуються періодичні калібровки в Державній метрологічній службі по узгодженим строкам. По позитивним результатам калібровки видають свідоцтво по встановленій формі.

При негативних результатах калібровки установку до використання не допускають та видають оповіщення про непридатність з зазначенням причин. Крім того у випадку негативних результатів перевірки після ремонту анулюють

свідоцтво про попередню повірку, а в паспорті відповідно роблять запис про непридатність установки до роботи.

Методика повинна бути узгоджена з Державною метрологічною службою.

Висновки за розділом 5

В даному розділі розглянуто метрологічне забезпечення установки для визначення відхилення від площини повірочних та розмічальних плит на різних стадіях. Розроблено методику проведення метрологічної атестації, методику обробки результатів вимірювання, а також визначення похибки установки. В зв'язку з відсутністю експериментальних даних не можна об'єктивно визначити похибку установки, але очікуваний результат повинен підняти дану установку над існуючими ЗВТ.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Роботодавець – власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Законодавство про охорону праці складається з Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів. А отже, задачею охорони праці є зведення до мінімуму вірогідності поразки або захворювання працівника з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Забезпечення здорових та безпечних умов праці покладається на адміністрацію підприємств (установ). Адміністрація зобов'язана впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які попереджують виробничий травматизм, а також забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань робітників та службовців. Крім того, адміністрація підприємств (установ) повинна здійснювати організаційну роботу щодо

забезпечення небезпечних і здорових умов праці, а саме: планування та фінансування різних заходів з охорони праці, проведення інструктажу робітників та службовців з техніки безпеки і виробничої санітарії та ін.

6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людину, яка працює з мобільною установкою для визначення відхилень від площини повірочних та розміточних плит

Забруднення повітря виробничих приміщень

Для створення нормальних умов праці необхідно забезпечити не тільки комфортні метеорологічні умови, але і необхідну чистоту повітря. У зв'язку з тим, що установка є мобільною, вона експлуатується в різноманітних містах та цехах. Ми не можемо сказати напевно де саме вона буде використана. Тому розглянемо максимально можливі шкідливі та небезпечні фактори.

Шкідливими прийнято вважати речовини, що при контакті з організмом людини у випадку порушення вимог безпеки можуть викликати виробничі травми, професійні чи захворювання відхилення в стані здоров'я, що виявляються сучасними методами як у процесі роботи, так і у віддалений термін життя сьогодення і наступних поколінь.

Шкідливі речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру і слизисті оболонки. Через дихальні шляхи попадають пари, газу і пилоподібні речовини, через шкіру — переважно рідкі речовини. У шлунково-кишковий тракт шкідливі речовини попадають при заковтуванні їх, чи при внесенні в рот забрудненими руками. Основним шляхом надходження промислових шкідливих речовин в організм працюючих є дихальні шляхи. Завдяки величезній (більш 90 м²) усмоктувальної поверхні легені створюють сприятливі умови, для влучення шкідливих речовин безпосередньо в кров. Шкідливі речовини, що потрапили тим, чи іншим шляхом в організм можуть викликати отруєння (гострі чи хронічні). Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, його кількості, час впливу, шляху проникнення,

метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму. Гострі отруєння виникають у результаті одноразового впливу великих доз шкідливих речовин. Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалого впливу на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець). Шкідливі речовини, потрапивши в організм, розподіляються в ньому нерівномірно. Найбільша кількість свинцю накопичується в кістах, фтору – у зубах, марганцю – у печінці.

Такі речовини мають здатність утворювати в організмі так називане «депо» і затримуватися в ньому тривалий час.

При хронічному отруєнні шкідливі речовини можуть не тільки накопичуватися в організмі (матеріальна кумуляція), але і викликати "нагромадження" функціональних ефектів (функціональна кумуляція).

У санітарно-гігієнічній практиці прийнято розділяти шкідливі речовини на хімічні речовини і промисловий пил.

Хімічні речовини (шкідливі і небезпечні) по характері впливу на організм людини підрозділяються на:

- загально токсичні, що викликають отруєння всього організму (ртуть, оксид вуглецю, толуол, анілін);
- дратівні, зухвале роздратування дихальних шляхів і слизистих оболонок (хлор, аміак, сірководень, озон);
- сенсibiliзуючі, що діють як алергени (альдегіди, розчинники і лаки на основі нітросполук);
- канцерогенні, зухвалі ракові захворювання (ароматичні вуглеводні, аминоз'єднання, азбест);
- мутагенні, що приводять до зміни спадкоємної інформації (свинець, радіоактивні речовини, формальдегід);
- що впливають на репродуктивну (відтворення потомства) функцію (бензол, свинець, марганець, нікотин).

Необхідно відзначити, що існують і інші різновиди класифікацій шкідливих речовин, наприклад, по переважному впливі на визначені чи органи системи

організму людини (серцеві, кишково-шлункові, печіночні, ниркові), по основному шкідливому впливі (задушливі, наркотичні, нервово-паралітичні), по величині середньої смертельної дози.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини призводять до порушення, здоров'я тільки в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично припустимою концентрацією (ГПК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони розуміють таку максимальну концентрацію, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 годин чи іншої тривалості (але не більше 40 годин на тиждень) у плинні усього виробничого стажу не викликає професійних чи захворювань відхилень у стані здоров'я, що виявляються сучасними, методами досліджень у процесі чи роботи у віддалений термін життя сьогодення і наступних поколінь.

Освітлення виробничих приміщень

Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, висвітлення займає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90% всієї інформації людина одержує через органи зору. Під час здійснення будь-якої трудової діяльності стомлення око, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів відносяться адаптація, акомодация і конвергенція.

Адаптація – пристосування ока до зміни умов висвітлення (рівня освітленості).

Акомодация – пристосування ока до виразного бачення предметів, що знаходяться від нього на неоднаковій відстані, за допомогою зміни кривизни хрусталика.

Конвергенція – здатність ока при розгляданні близьких предметів займати положення, при якому зорові осі обох очей перетинаються на предметі.

Висвітлення впливає не тільки на функцію органів зору, але і на діяльність організму в цілому. При поганому висвітленні людина швидко утомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і

нещасливих випадків. Згідно зі статистичними даними, до 5% травм можна пояснити не достатнім чи нераціональним висвітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. В остаточному підсумку, погане висвітлення може привести до професійних захворювань, наприклад, таким як робоча короткозорість, спазм акомодатції.

Електротравматизм і дія електричного струму на організм людини

Широке використання електроенергії у всіх галузях народного господарства визначає збільшення числа людей, що експлуатують електроустаткування. Тому проблема електробезпечності при експлуатації електроустаткування здобуває особливе значення. Має сенс розглянути дію електричного струму на організм людини і методи запобігання поразки електричним струмом.

Аналіз нещасливих випадків у промисловості свідчить про те, що кількість травм, викликаних дією електрики, порівняно невелике і складає 0,5 – 1% від загальної кількості нещасливих випадків. Однак слід зазначити, що з загальної кількості нещасливих випадків зі смертельним результатом на виробництві 20 – 40% трапляється внаслідок поразки електричним струмом, що більше, ніж унаслідок дії інших причин, причому близько 80% смертельних поразок електричним струмом відбувається в електроустановках напругою до 1000 В. Ця обставина обумовлена значною поширеністю таких електроустановок і тим, що їх обслуговують практично всі обличчя, що працюють у промисловості, а електроустановки напругою більш 1000 В обслуговуються нечисленним висококваліфікованим персоналом.

Електротравма – це травма, викликана дією електричного чи струму електричної дуги. Електротравми розділяються на два види:

електротравми, що відбуваються при проходженні струму через тіло людини, і електротравми, поява яких не пов'язана з проходженням струму через тіло людини. Поразка людини в другому випадку пов'язана з опіками, осліпленням електричною дугою, падінням, і як наслідок – істотними механічними ушкодженнями. Існує також поняття «електротравматизм».

Електротравматизм – це явище, що характеризується сукупністю електротравм, що виникають і повторюються в аналогічних виробничих, побутових умовах і ситуаціях.

Проходячи через тіло людини, електричний струм робить термічний, електролітичний і механічний (динамічний) вплив. Термічний і електролітичний вплив властивий живій і неживій матерії. Одночасно електричний струм робить і біологічну дію, що є специфічним процесом, властивим тільки живій матерії.

Термічний вплив струму виявляється через опіки окремих ділянок тіла, нагрівання до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку й інших органів, що знаходяться на шляху струму, що викликає в них істотні функціональні порушення.

Електролітичний вплив струму характеризується розпадом органічної рідини, у тому числі і крові, що супроводжується значними змінами їхнього фізико-хімічного складу.

Механічна (динамічна) дія – це розшарування, розриви й інші подібні ушкодження тканин організму, у тому числі м'язів, стінок кровоносних судин, судин легеневої тканини внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари від перегріву струмом рідини і крові.

Біологічний вплив струму виявляється шляхом роздратування і порушення живих тканин організму, а також унаслідок порушення внутрішніх біологічних процесів, що відбуваються в організмі і які тісно пов'язані з його життєвими функціями.

Розмаїтість впливу електричного струму на організм людини приводить до електротравм, що умовно розділяються на два види:

- місцеві електротравми, що викликають місцеве ушкодження організму;
- загальні електротравми (електричні удари), коли уражається (чи виникає погроза поразки) весь організм унаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів і систем.

Згідно зі статистичними даними розподіл нещасливих випадків унаслідок дії електричного струму в промисловості по видах травм має наступний вид:

- місцеві електротравми – 20%;
- електричні удари – 25%;
- змішані травми (одночасно місцеві електричні травми й електричні удари) – 55%.

Місцева електротравма – яскраво виражене порушення цілості тканин тіла, у тому числі кісток, викликане впливом електричного струму чи електричної дуги. Найчастіше – це поверхневі ушкодження, тобто ушкодження шкіри, а іноді й інших м'яких тканин, зв'язувань і кіст. Місцеві електротравми виліковуються і працездатність потерпілого відновлюється цілком чи частково. Однак при важких опіках людина помирає. При цьому безпосередньою причиною смерті є не електричний струм, а місцеве ушкодження організму, викликане струмом. Характерні місцеві електротравми: електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження і електроофтальмія.

Приблизно 75% випадків поразки людей струмом супроводжується виникненням місцевих електротравм.

По видах травм ці випадки розподіляються в такий спосіб, %:

- електричні опіки – 40;
- електричні знаки – 7;
- металізація шкіри – 3;
- механічні ушкодження – 0,5;
- електроофтальмія – 1,5;
- змішані травми – 23;
- усього – 75.

Електричні опіки – це ушкодження поверхні тіла під впливом електричної дуги чи великих струмів, що проходять через тіло людини.

Електричний знак – це чітко виражена мітка діаметром 1–5 мм сірий чи блідо-жовтий кольори.

Постійний струм приблизно в 4–5 разів менш небезпечний, чим перемінний струм частотою 50 Гц. Цей висновок випливає з порівняння значень граничних струмів, що невідпускають, (50–80 мА для постійного і 10

Постійний струм. – 15 мА для струму частотою 50 Гц) і гранично стерпних напруг: людина, тримаючи циліндричні електроди в руках, може витримати (по болючих відчуттях) напруга не більш 21–22 В при 50 Гц і не більш 100–105 В при постійному струмі. Постійний струм, проходячи через тіло людини, викликає менші скорочення м'язів. Порівняльна оцінка постійного і перемінного струмів справедлива тільки для напруги до 500 В. Вважається, що при більш високій напрузі постійний струм стає більш небезпечним, чим перемінний частотою 50 Гц.

Тривалість проходження струму через організм істотно впливає на результат поразки: зі збільшенням тривалості дії струму зростає імовірність важкого чи смертельного результату. Така залежність пояснюється тим, що зі збільшенням часу впливу струму на живу тканину підвищується його значення, накопичуються наслідки впливу струму на організм. Ростає також імовірність збігу моменту проходження струму через серце з уразливою фазою серцевого циклу (кардіоцикла). Ріст сили струму зі збільшенням часу його дії порозумівається зниженням опору тіла людини внаслідок місцевого нагрівання шкіри. Це викликає рефлекторну реакцію організму у виді розширення судин шкіри з наступним посиленням кровопостачання і підвищенням потовиділення, що приводить до зниження електричного опору шкіри в цьому місці.

Наслідку впливу струму на організм полягають у порушенні функцій центральної нервової системи, зміні складу крові, місцевому руйнуванні тканин організму під впливом тепла, порушенні роботи серця, легень. З ростом часу впливу струму ці негативні фактори накопичуються, а згубний їхній вплив на стан організму підсилюється. Установлено, що чутливість серця до електричного струму неоднакова протягом різних фаз його скорочення.

Шлях протікання струму через людину. Практика й експерименти показують, що шлях протікання струму через тіло людини дуже впливає на результат поразки. Якщо на шляху струму виявляються життєво важливі органи: серце, легені, головний мозок, то небезпека поразки досить велика, оскільки струм безпосередньо впливає на ці органи. Якщо ж струм проходить іншими

шляхами, то його вплив на життєво важливі органи може бути тільки рефлекторним, а не безпосереднім. При цьому, хоча небезпека важкої поразки і зберігається, але імовірність його знижується. До того ж, оскільки шлях струму визначається місцем контакту тіла зі струмопровідними частинами, то його вплив на результат поразки визначається ще і різним опором шкіри на різних ділянках шкіри.

Індивідуальні властивості людини. Відомо, що здорові і фізично міцні люди легше переносять електричні удари, чим хворі і слабкі. Особливо сприйнятливі до електричного струму обличчя, які мають захворювання шкіри, серцево-судинної і нервової систем, органів внутрішньої секреції, легень.

Важливе значення має психічна підготовка до можливої небезпеці поразки струмом. У переважній більшості випадків несподіваний електричний удар навіть при низькій напрузі приводить до важких наслідків. Коли людина очікує удару, ступінь поразки значно знижується. У цьому контексті великого значення набувають ступінь уваги, зосередженість людини на виконуваний роботі, втома. Кваліфікація людини також істотно відбивається на наслідках впливу електричного струму. Досвід, уміння адекватно оцінити небезпечну ситуацію дозволяють знизити небезпека поразки. У зв'язку з цим вимоги безпеки передбачають обов'язкову медичну перевірку персоналу, що обслуговує електроустановки до початку роботи і періодично через кожні 1–2 роки.

Основними причинами електротравматизма є:

- недостатня навченість, несвоєчасна, перевірка знань персоналу, що обслуговує електроустановки;
- порушення правил пристрою, технічної експлуатації і техніки безпеки електроустановок;
- несправність ізоляції, через що металеві неструмоведучі частини устаткування виявляються під напругою;
- використання електрозахисних пристроїв, що не відповідають умовам виконання робіт;
- виконання електромонтажних і ремонтних робіт під напругою;

- застосування проводів і кабелів, що не відповідають умовам виробництва і величині напруги;
- низька якість з'єднань і ремонту;
- живлення декількох споживачів від загального пускового пристрою з захистом запобіжниками, розрахованими на вимикання найбільш потужного з них чи від однієї групи розподільної шафи;
- недооцінка необхідності вимикання електроустановки (зняття напруги) у неробочі періоди;
- невиконання періодичних іспитів, зокрема перевірок опору ізоляції (електромереж, обмоток електродвигунів, котушок комутаційної апаратури, реле) і опорів пристроїв, що заземлюють;
- користування електроустановками, опір ізоляції других не перевищує нормативних значень;
- відсутність контролю за діями працівників з боку ІТП чи виконавців робіт;
- відсутність маркірування, запобіжних плакатів, блокувань, тимчасових огорожень місць електротехнічних робіт.

6.2 Розрахунок освітлення приміщення

Розрахуємо висвітлення адміністративного приміщення в якому можлива експлуатація мобільної установки для визначення відхилень від площини плит повірочних та розмічальних.

Задачею розрахунку є визначення необхідної потужності електричної освітлювальної установки для створення в приміщенні заданої освітленості.

При проектуванні освітлювальної установки зважаються наступні питання:

- вибирають тип джерела світла;
- визначають систему висвітлення (розрахунок ведеться для рівномірного висвітлення);
- визначають норму освітленості;
- визначають кількість світильників і розподіляють їх.

Для нашого випадку при розрахунку освітлення адміністративного приміщення керуються ДБН В 2.5-28-2006 Вихідні дані:

Довжина приміщення $A = 16,5$ м;

Ширина приміщення $B = 8,3$ м;

Висота приміщення $H = 4,3$ м;

Для загального висвітлення застосовуються світильники типу ПВЛМ. Загальна освітленість відноситься до рівня 1000 лк. Мінімальна освітленість люмінесцентної лампи по нормах $E_{\min} = 200$ лк. Напруга в мережі 220 В. Відстань від стелі до робочої поверхні:

$$H_0 = H - h_p = 4,3 - 1 = 3,3 \text{ м}, \quad (6.1)$$

де h_p – висота робочої поверхні дорівнює 1000 мм. чи 1 м.

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = 0,2H_0 = 0,2 \cdot 3,3 = 0,66 \text{ м}. \quad (6.2)$$

Висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею:

$$h = H_0 - h_c = 3,3 - 0,66 = 2,64 \text{ м}. \quad (6.3)$$

Висота підвішування світильника над підлогою:

$$H_p = h + h_p = 2,64 + 1 = 3,64 \text{ м}. \quad (6.4)$$

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення $L / h = 1,5$ тоді відстань між центрами світильників:

$$L = 1,5H_p = 1,5 \cdot 3,64 = 5,46 \text{ м}. \quad (6.5)$$

Необхідна кількість світильників:

$$N = \frac{S}{L^2} \quad (6.6)$$

де S - площа приміщення, $S = A \cdot B = 16,5 \cdot 8,3 = 136,95 \text{ м}^2$.

$$N = \frac{136,95}{5,46^2} = 4,53 \quad (6.7)$$

Приймаємо 8 світильників і розміщаємо їх у 2 ряди по 4 світильники. Показник приміщення визначаємо зі співвідношення:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad i = \frac{136.95}{2.64 \cdot (16.5 + 8.3)} = 2.092 \approx 2 \quad (6.8)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0.58\rho_n = 70\%$, $\rho_c = 50\%$, $\rho_p = 10\%$ для світильників типу УПМ-15.

Світловий потік двох ламп:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 136,95 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{8 \cdot 0,6} = 8,531 \cdot 10^3 \text{ лк} \quad (6.9)$$

де: k_3 – коефіцієнт запасу рівний 1,3; z – коефіцієнт мінімальної освітленості

По знайденому світловому потоку вибираємо лампу типу Г215-225-500 потужністю 500 Вт, $I=0.67$ А, $U=110$ В, що має світловий потік 4610 лм, найближче значення до розрахункового. При цьому фактична освітленість:

$$E_\phi = E_n \cdot \frac{\Phi_\lambda}{\Phi_p} = 200 \cdot \frac{8300}{8531} = 194,584 \text{ лк} \quad (6.10)$$

Загальна потужність освітлюваної установки:

$$P_3 = P_\lambda \cdot N = 500 \cdot 8 = 4 \text{ кВт} \quad (6.11)$$

6.3 Заходи щодо зменшення впливу шкідливих факторів

Захист від шкідливих речовин на виробництві

Загальні заходи і засоби попередження забруднення повітряного середовища на виробництві і захисту працюючих включають:

- вилучення шкідливих речовин з технологічних процесів, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т.п. (наприклад, свинцеве білило замінено цинковими, метиловий спирт – іншими спиртами, органічні розчинники для знежирення — миючими розчинами на основі води);
- удосконалення технологічних процесів і устаткування (застосування замкнутих технологічних циклів, безупинних технологічних процесів, мокрих способів переробки матеріалів, що порошать, і т.п.);

- автоматизація і дистанційне керування технологічними процесами й устаткуванням, що виключають безпосередній контакт працюючих зі шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування у вентильованих укриттях, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспіраційних установок;
- нормальне функціонування систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, очищення викидів в атмосферу;
- попередні і періодичні медичні огляди працюючих, у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за змістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони; використання засобів індивідуального захисту.

Вентиляція виробничих приміщень

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв призначених для забезпечення на постійних робочих місцях, у робочій і зонах приміщень, що обслуговується, метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним і технічним вимогам. Основна задача вентиляції – видалити з приміщення забруднене чи нагріте повітря і подати свіже.

Заходи для створення оптимального освітлення

Для створення оптимальних умов зорової роботи необхідно враховувати не тільки кількість і якість висвітлення, але і колірне оточення. Так, при світлому фарбуванні інтер'єра завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20–40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, поліпшується рівномірність висвітлення.

При надлишковій яскравості джерел світла і навколишніх предметів може відбутися осліплення працівника. Нерівномірність висвітлення і неоднакова яскравість навколишніх предметів приводять до частой переадаптації очей під

час виконання роботи і, як наслідок цього до швидкого стомлення Органів зору. Тому, добре освітлені поверхні, що сходяться в поле зору, краще офарблювати в кольори середньої світлості і бажано, щоб вони мали матову чи напівматову поверхню.

Системи засобів і заходів безпечної експлуатації електроустаткування

Застосовувані в електроустановках захисні міри умовно можна розділити на двох груп: ті, котрі забезпечують безпека при нормальному режимі роботи електроустановок і ті, котрі забезпечують безпека при аварійному режимі роботи.

Технічні засоби безпечної експлуатації електроустановок при нормальних режимах роботи

Електрична ізоляція – це шар чи діелектрика конструкція, виконана з діелектрика, яким покривається поверхня струмоведучих частин, чи якими струмоведучі частини відокремлюються друг від друга. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю, діелектричними втратами й електричним опором. Ізоляція запобігає протіканню через неї струмів завдяки великому опору.

Малі напруги. При роботі з переносними електроінструментами, а також з ручними переносними світильниками при ушкодженні ізоляції і з появою напруги на корпусі з'являється небезпека поразки струмом. У таких випадках застосовуються малі напруги не вище 42 В. При напрузі до 42 В струм, що проходить через тіло людини, безпечний. Малі напруги застосовують для харчування місцевого висвітлення на верстатах, переносних світильниках, електроінструментах. Під час роботи в особливо небезпечних приміщеннях для харчування переносних електричних світильників використовують напруга не вище 12 В.

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з чи землею з її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою. Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки поразки людей електричним струмом з появою напруг на конструктивних частинах

електроустаткування, тобто при замиканні на корпус. Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруги дотику і кроку, обумовленого замиканням на корпус.

Занулення – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою. Це основний засіб захисту від поразки людей струмом у випадку дотику до корпуса електроустаткування і до металевих конструкцій, що виявилися під напругою внаслідок ушкодження чи ізоляції однофазного короткого замикання в електроустановках напругою до 1000 В. у мережі з заземленої нейтраллю.

Однак занулення як захисний засіб не забезпечує повною мірою безпека. Під час короткого замикання а нульовому проводі виникає небезпека поразки, що буде, існувати, поки не відбудеться відключення ушкодженого устаткування завдяки згорянню чи запобіжника відключенню апарата.

Захисне відключення – це швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні небезпеки поразки струмом. Небезпека поразки може виникнути і при замиканні фази на корпус електроустаткування при зниженні опору ізоляції фаз щодо землі нижче визначеної границі внаслідок ушкодження ізоляції, замикання фаз на землю, з появою в мережі більш високої напруги, унаслідок замикання в трансформаторі між обмотками вищої і нижчої напруг, при випадковому дотику людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Автоматичний вимикач використовується для включення і відключення ланцюга під навантаженням і при короткому замиканні. Він виключає електроустановку, що захищається, при надходженні сигналу від приладу захисного відключення.

Захисне відключення рекомендується застосовувати в якості основного чи допоміжного захисного засобу, якщо безпека не може бути забезпечена шляхом пристрою чи заземлення по економічних розуміннях.

Висновки за розділом 6

В даному розділі наведені та проаналізовані небезпечні та шкідливі для життя та здоров'я людини фактори. Вивчені причини їх виникнення та розроблені заходи по покращенню умов праці і зниженню виробничого травматизму. Проведений розрахунок загального освітлення в приміщенні метрологічної лабораторії. Розроблені та запропоновані заходи щодо покращення освітлення, вентиляції виробничих приміщень, та заходи безпечної експлуатації електроустановок.

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши конструкцію повірочних та розмічальних плит, а також вивчивши існуючі методики їх повірки, визначили ряд особливостей:

- значна трудомісткість повірочного процесу;
- тривале зняття показань вимірювань та їх обробка вручну;
- значний вплив людського фактору на результат вимірювання, який прямо пов'язаний з точністю отримання результатів;
- неможливість повірки плит безпосередньо на місці їх установки.

Виникла нагальна потреба в створенні автоматизованої установки отримання показань та обробки результатів вимірювань із застосуванням сучасних електронних вимірювальних приладів пов'язаних з ЕОМ.

Як конструктивне рішення було знайдено електронний рівень. Були визначені ряд переваг перед іншими приладами. Серед недоліків визначили застарілу елементну базу в час високо технологічних електронних систем.

Розробили технічне завдання на установку для визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит.

Була розроблена структурна схема установки для визначення відхилення від площини повірочних та розмірочних плит. Підібрані та описані блоки, що входять до структурної схеми. Розглянуто їх будову, роботу, особливості, переваги та недоліки, а також запропоновані приклади реалізації деяких з них.

Підібрані та описані елементи, які необхідні для безпосереднього сполучення перетворювача з ЕОМ. Також представлено схему пристрою автоматичного регулювання, яка забезпечує проходження сигналу від перетворювача.

Також було розроблено печатну плату. Надана схема технічного процесу виготовлення печатної плати.

Розроблено метрологічне забезпечення установки, методику проведення метрологічної атестації, методику обробки результатів вимірювання, визначення похибки установки, а також локальна повірочна схема.

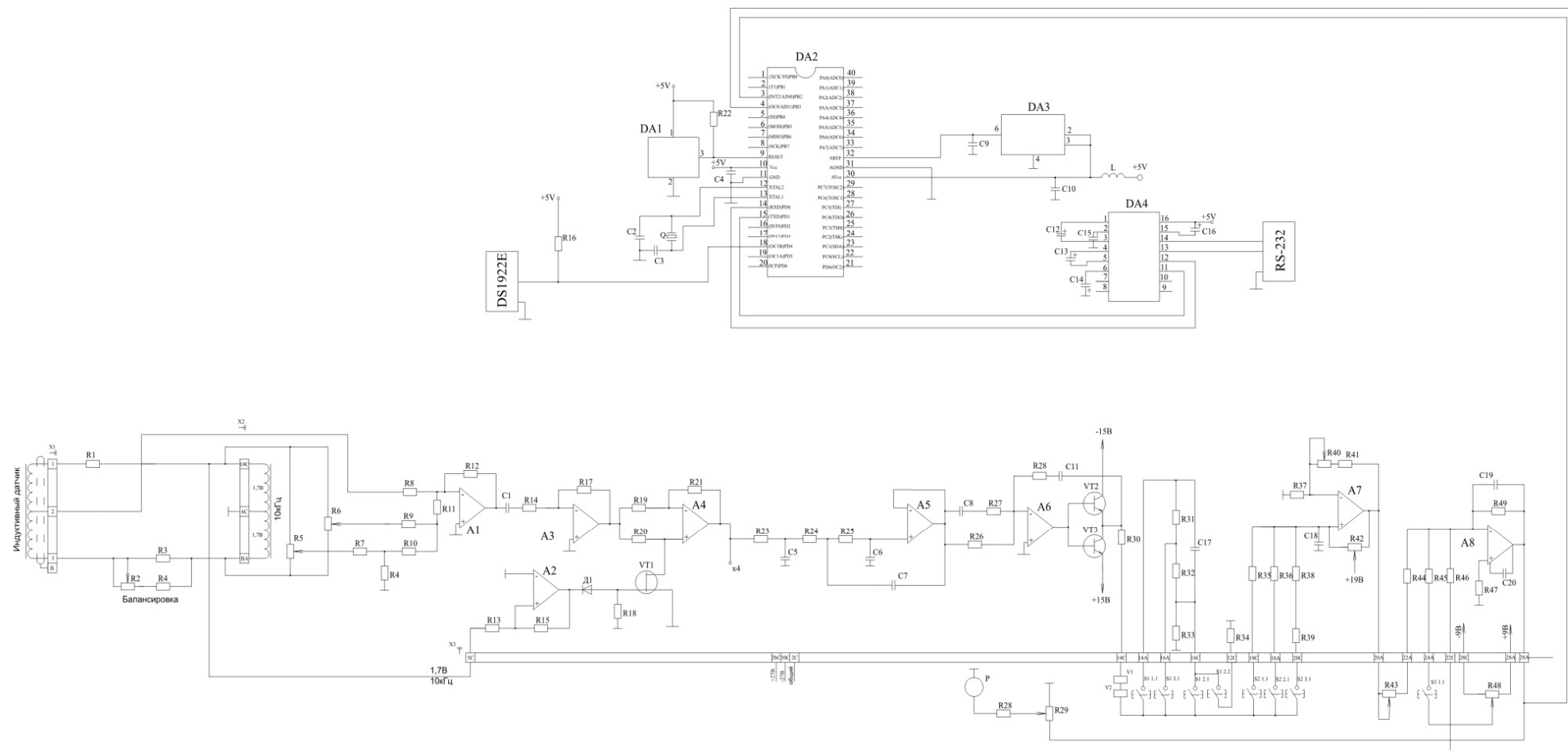
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Baliga B. J. Fundamentals of Power Semiconductor Devices / B. J. Baliga. – 2nd ed. – Cham: Springer, 2019. – 1094 p.
2. ДСТУ 2681:2019 Метрологія. Терміни та визначення. – Чинний від 2020-07-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – IV, 47 с.
3. IEC 61010-1:2010+AMD1:2016+AMD2:2017 CSV Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use.
4. Scherz P. Practical Electronics for Inventors / P. Scherz, S. Monk. – 4th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 1056 p.
5. ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM).
6. Sedra A. S. Microelectronic Circuits / A. S. Sedra, K. C. Smith. – 8th ed. – Oxford: Oxford University Press, 2020. – 1320 p.
7. ДСТУ 3516:2019 Державна повірочна схема для засобів вимірювань плоских кутів. – Чинний від 2021-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 21 с.
8. Lutz J. Semiconductor Power Devices: Physics, Characteristics, Reliability J. Lutz, H. Schlangenotto, U. Scheuermann. – 2nd ed. – Cham: Springer, 2018. – 641 p.
9. Figliola R. S. Theory and Design for Mechanical Measurements / R. S. Figliola, D. E. Beasley. – 7th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2020. – 624 p.
10. IEC 60747-1:2022 Semiconductor devices - Part 1: General.
11. ISO 17034:2016 General requirements for the competence of reference material producers.
12. Morris A. S. Measurement and Instrumentation Principles A. S. Morris. – 6th ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2019. – 696 p.
13. Білий В. В. Основи метрології та вимірювань: навчальний посібник / В. В. Білий, О. В. Бобирьов, В. М. Когут. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2019. – 256 с.

14. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. – Чинний від 2020-01-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 34 с.
15. Horowitz P. The Art of Electronics / P. Horowitz, W. Hill. – 3rd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2015. – 1224 p.
16. EN ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
17. Jaeger R. C. Microelectronic Circuit Design / R. C. Jaeger, T. N. Blalock. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2015. – 1344 p.
18. Kirkup L. Measurement and Instrumentation: Theory and Application / L. Kirkup, R. B. Frenkel. – 2nd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – 590 p.
19. Williams B. W. Power Electronics: Devices, Drivers, Applications, and Passive Components / B. W. Williams. – 2nd ed. – London: Macmillan Education UK, 2017. – 320 p.
20. ДСТУ 7947:2015 Державна повірочна схема для засобів вимірювань довжини. – Чинний від 2017-01-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 16 с.
21. ДСТУ 3215-95 Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення.
22. ДСТУ 3386-98 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань відхилень від прямолінійності та площинності.
23. Про внесення змін у Закон України "Про метрологію і метрологічну діяльність".
24. Калантаров Л., Цейтлін А. Розрахунок індуктивностей: Довідкова книга. - 3-е видавництво, перераб. і доп. 1986. – 488 с

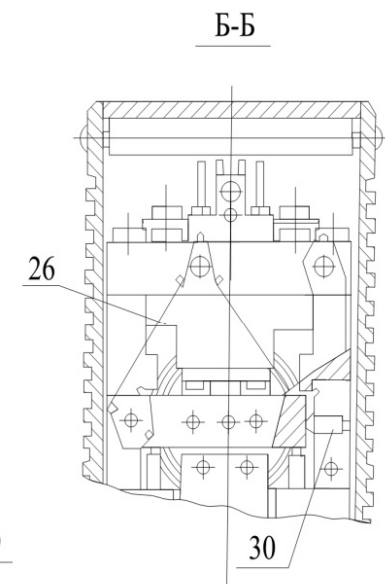
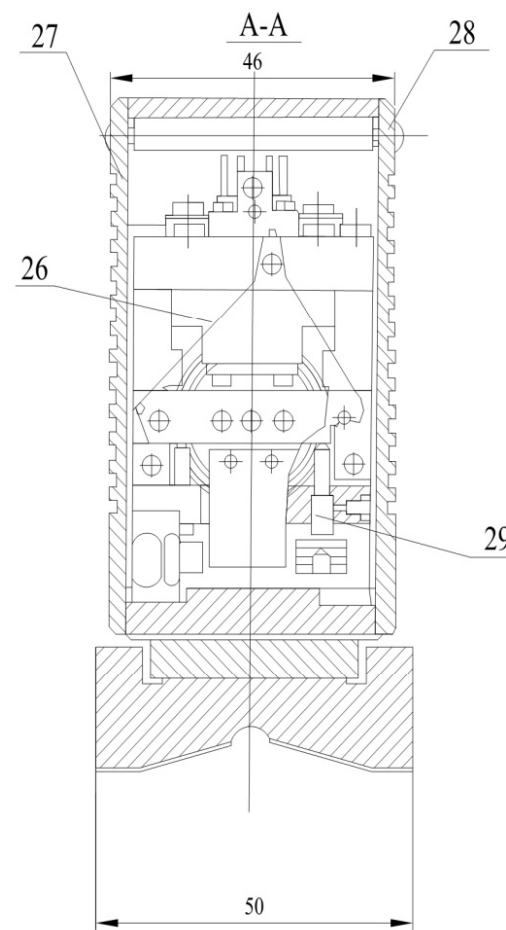
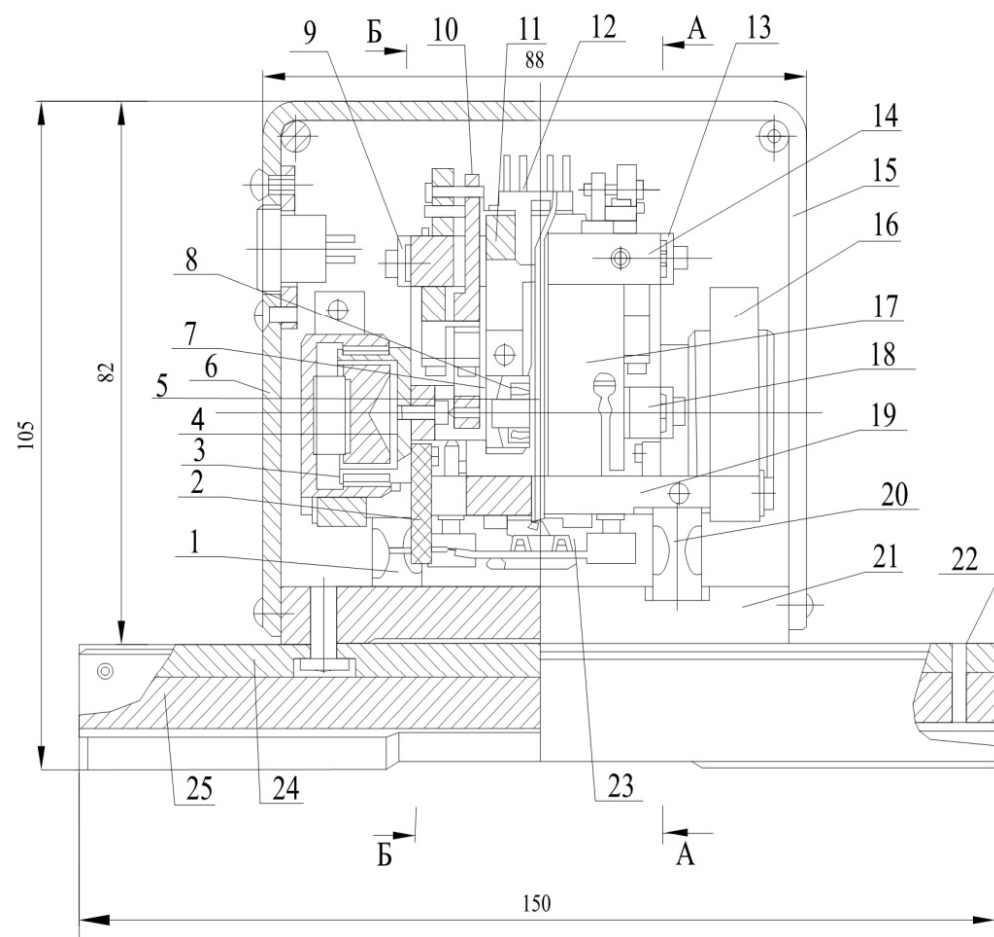
ДОДАТОК А

Блок сполучення перетворювача с ЕОМ. Схема електрична принципова



ДОДАТОК Б

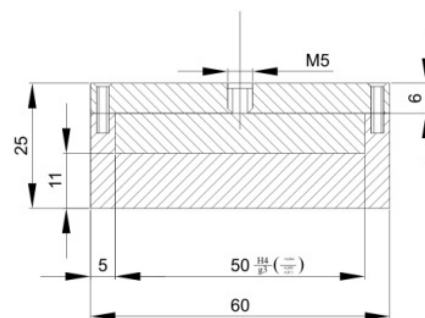
Креслення перетворювача



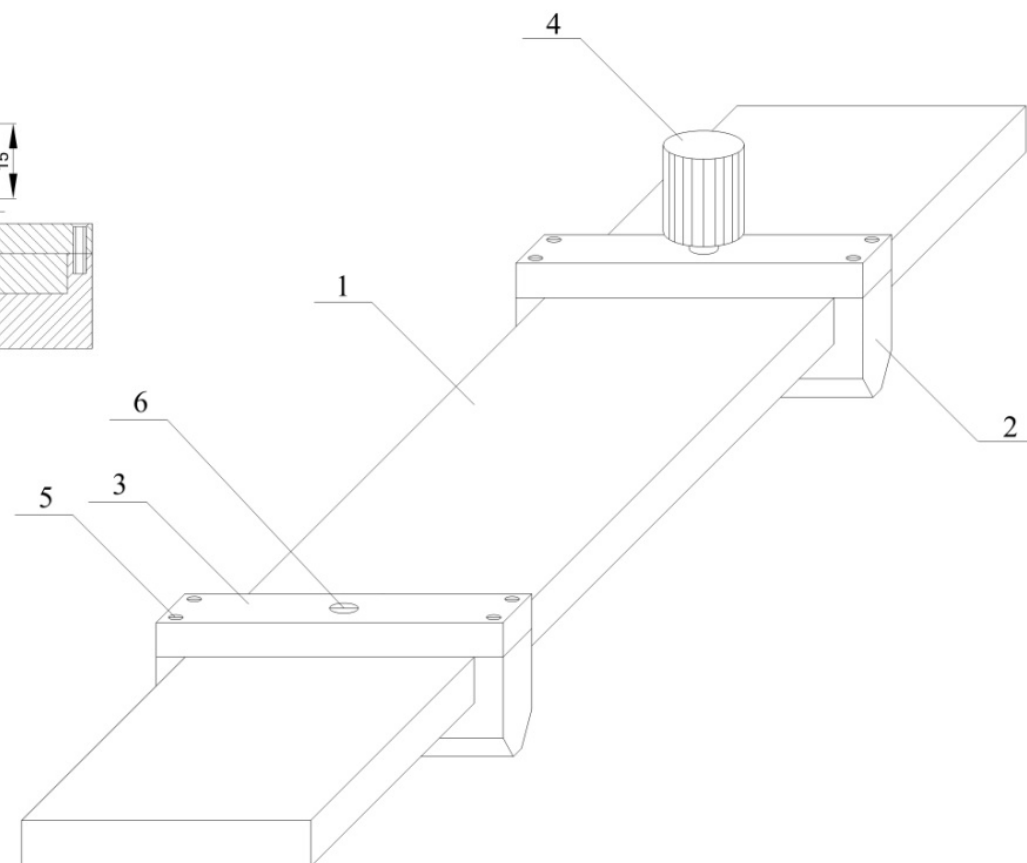
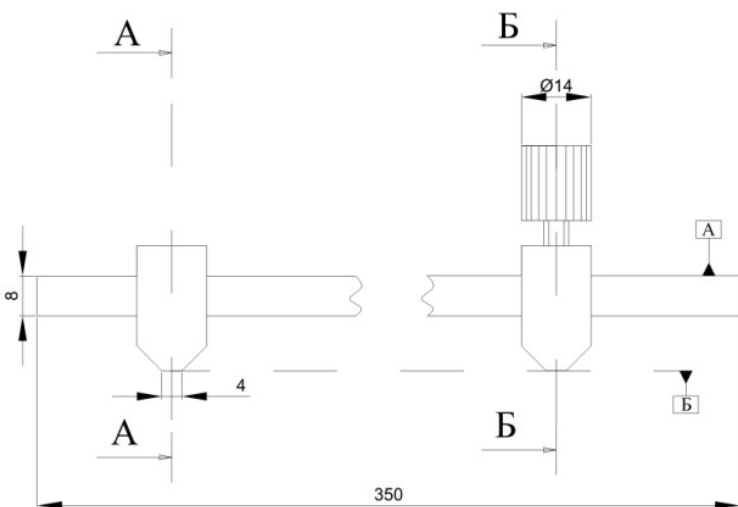
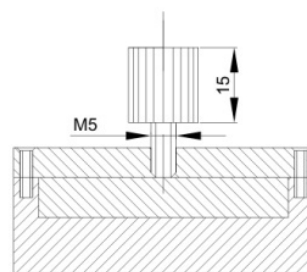
ДОДАТОК В

Креслення вимірювальної каретки для горизонтальних поверхонь

A-A

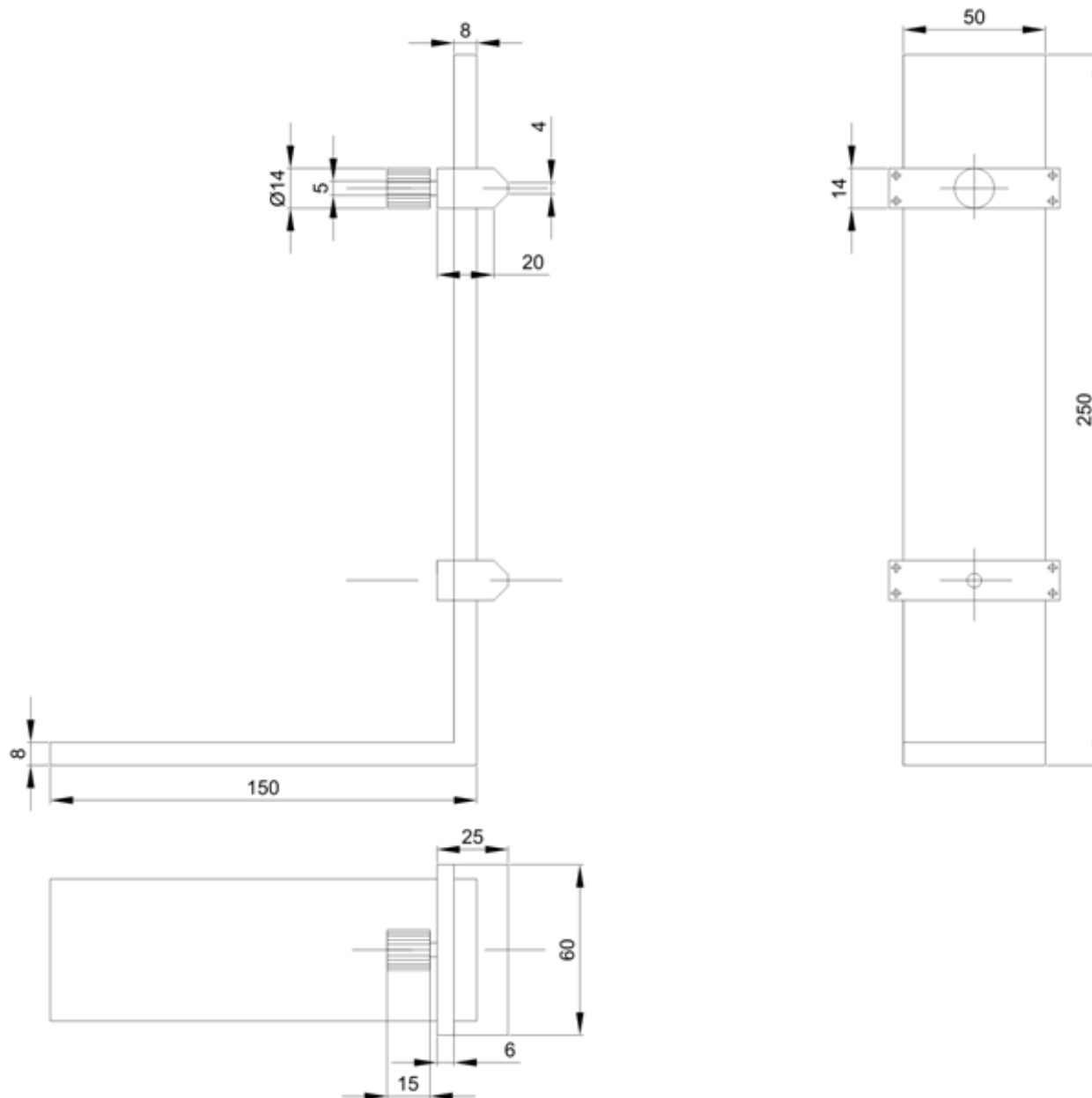


Б-Б



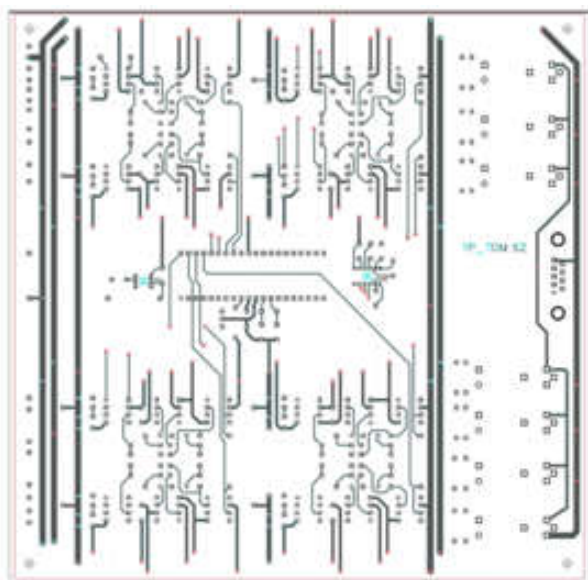
ДОДАТОК Г

Креслення вимірювальної каретки для вертикальних поверхонь

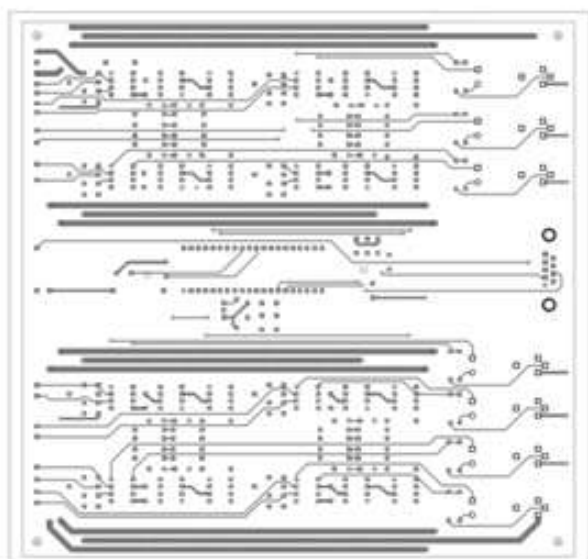


ДОДАТОК Д

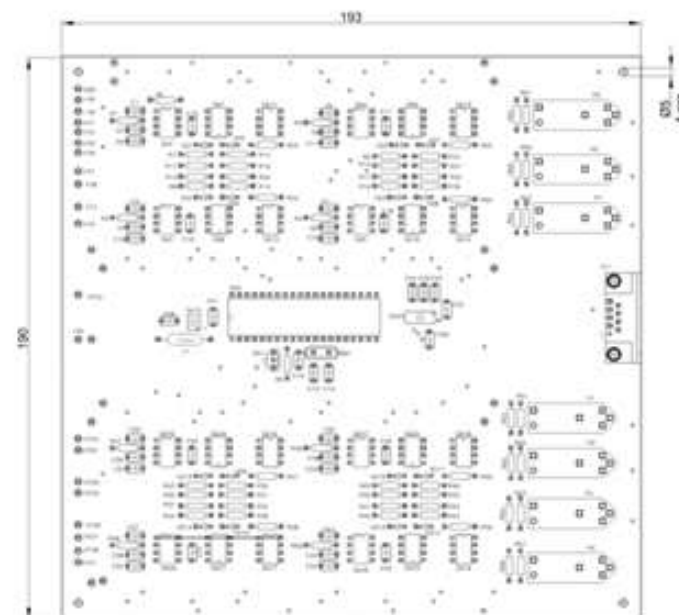
Друкована плата електронного блоку



Вид з боку монтажу



Вид з боку паяння



Розміщення компонентів