

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до дипломного проекту
ступінь вищої освіти магістр**

галузі знань 15 - Автоматизація та приладобудування

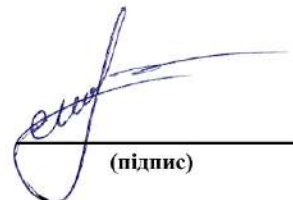
спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

на тему Дослідження автоматизації методів вимірювань
на машинобудівних підприємствах

Виконав: студент групи МВТ-22дм

Майборода В.О.

(прізвище, та ініціали)



(підпис)

Керівник

доц. Морнева М.О.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри

доц. Руднев Є.С.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Рецензент

доц. Шумакова Т.О.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Київ 2023р.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерії

Кафедра Електричної інженерії

Ступінь вищої освіти магістр

Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування
(шифр і назва)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕІ

доц. Руднев Є. С.

“ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Майбороді Владиславу Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Дослідження автоматизації методів вимірювань на машинобудівних підприємствах»

керівник проекту доц. Морнева М.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 23.10.2023 року №564/15.23С

2. Строк подання студентом проекту 8.12.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту Стандартні методики здійснення вимірювань, повірочні схеми, технічні умови, ДСТУ 2300-93, засоби автоматизації.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасних засобів автоматизації процесів вимірювання.

2. Теоретичні дослідження методів та засобів вимірювальної техніки.

3. Дослідження координатно-вимірювальної машини в галузях машинобудування.

4. Удосконалення лазерних технологій у машинобудуванні.

Висновки. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Методи та засоби вимірювання.

2. Автоматизація засобів вимірювання.

3. Координатно-вимірювальна машина

4. Лазерні технології у машинобудуванні.

6. Консультанти розділів проекту

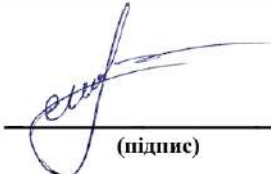
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1-4	доц. Морнева М.О.		

7. Дата видачі завдання 16.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	1-2 тиждень	
2	Аналіз сучасних засобів автоматизації процесів вимірювання	3 тиждень	
3	Теоретичні дослідження методів та засобів вимірювальної техніки	4-5 тиждень	
4	Дослідження координатно-вимірювальної машини в галузях машинобудування	6-7 тиждень	
5	Удосконалення лазерних технологій у машинобудуванні	8-9 тиждень	
6	Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу магістерської роботи	10 тиждень	

Студент



(підпис)

Майборода В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Морнева М.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота: 87 стор., 24 рис., 1 табл., 20 джерел.

Об'єкт дослідження – автоматизація вимірювань.

Предмет дослідження – методи вимірювань та засоби вимірювальної техніки на машинобудівних підприємствах.

Мета кваліфікаційної роботи полягає в дослідженні та аналізі автоматизації методів вимірювань на машинобудівних підприємствах.

Досягнення зазначеної мети вимагає постановки та вирішення наступних завдань:

- дослідити методи та засоби вимірювальної техніки;
- провести аналіз сучасних засобів автоматизації процесів вимірювання;
- дослідити принцип роботи координатно-вимірювальної машини в галузях машинобудування;
- запропанувати застосування лазерних технологій у машинобудуванні.

Результатом даної роботи є застосування і використання сучасних автоматизованих установок в області машинобудування, які допомагають значно підвищити ефективність виробництва, полегшує труд людини і забезпечує випуск якісної і надійної продукції.

Ключові слова: *автоматизація, координатно-вимірювальна машина, програмне забезпечення, засіб вимірювальної техніки, вимірювання.*

ABSTRACT

Qualifying master's thesis: 72 pages, 24 figures, 1 table, 23 sources.

The object of research is the automation of measurements.

The subject of the study is measurement methods and measuring equipment at machine-building enterprises.

The purpose of the qualification work is to research and analyze the automation of measurement methods at machine-building enterprises.

Achieving this goal requires setting and solving **the following tasks**:

- research methods and means of measuring technology;
- analyze modern means of automating measurement processes;
- to investigate the principle of operation of the coordinate measuring machine in the fields of mechanical engineering;
- to propose the application of laser technologies in mechanical engineering.

The result of this work is the application and use of modern automated installations in the field of mechanical engineering, which help to significantly increase production efficiency, facilitate human labor and ensure the production of high-quality and reliable products.

Keywords: *automation, coordinate measuring machine, software, measuring equipment, measurement.*

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 Аналіз сучасних засобів автоматизації процесів вимірювання	10
1.1 Аналіз літературних джерел по системам вимірювання механічних величин	10
1.2 Аналіз існуючих методів вимірювань системами	20
1.3 Основні напрямки ефективного використання вимірювальних систем	29
РОЗДІЛ 2 Теоретичні дослідження методів та засобів вимірювальної техніки	32
2.1 Основні поняття	32
2.2 Метрологічні характеристики засобів вимірювань	35
2.3 Засоби автоматизації	37
2.4 Характеристика автоматизованих рівнів виробництва	39
2.5 Основні напрямки розвитку автоматизації виробництва	41
2.4 Засоби вимірювальної техніки та методи, які використовуються та вдосконалюються на машинобудівних підприємствах	42
РОЗДІЛ 3. Дослідження координатно-вимірювальної машини в галузях машинобудування	50
3.1 Метрологічні та технічні характеристики координатно-вимірювальної машини	50
3.2 Конструкція та побудова машини	51
3.3 Особливості пульта керування машиною	55

3.4 Режим вмикання та порядок роботи координатно-вимірювальної машини	59
3.5 Принципи координатних вимірювань	59
3.6 Повірка КВМ	60
3.7 Забезпечення точності і надійності вимірювань на КВМ типу Wenzel XOrbit 55	61
3.8 Принцип роботи програмного забезпечення Mertosoft Quartis	62
РОЗДІЛ 4 Удосконалення лазерних технологій у машинобудуванні	72
4.1 Лазерне зварювання	72
4.2 Малярські роботи без використання кисті та валика	78
4.3 Застосування лазера в гравіруванні на деталях	81
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85

ВСТУП

Актуальність теми.

Принципово нові технологічні процеси та ідеї вимагають створення нового технологічного обладнання. Тому для їх швидкої реалізації необхідна комплексна розробка технології і технологічного обладнання.

Технічний прогрес у машинобудуванні здійснюється за такими напрямками, як:

- вдосконалення існуючих технологічних процесів;
- розробка і впровадження нових способів обробки сучасних технологій;
- розробка і освоєння виробництва нового прогресивного обладнання;
- вдосконалення технічних умов на виготовлення деталей і вузлів машин, впровадження нових стандартів.

Одночасно з освоєнням прогресивних технологій, найважливішим фактором, що визначає науково-технічний прогрес у машинобудуванні, є автоматизація.

Автоматизація машинобудування не тільки збільшує продуктивність праці, усуває ручну важку і монотонну працю, але й підвищує якість і надійність виготовлених виробів, покращує коефіцієнт використання устаткування, скорочує цикл виробництва.

Автоматизація забезпечує без участі людини задані кінематику і параметри робочого процесу з необхідною послідовністю і точністю.

Економічний ефект, який здійснюється у результаті автоматизації залежить від того, в яких умовах і для вирішення яких виробничих завдань використовуються засоби і методи автоматизації.

Об'єкт дослідження – автоматизація вимірювань.

Предмет дослідження – методи вимірювань та засоби вимірювальної техніки на машинобудівних підприємствах.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження та аналіз автоматизації методів вимірювань на машинобудівних підприємствах.

Досягнення зазначеної мети вимагає постановки та вирішення **наступних завдань:**

- дослідити методи та засоби виміральної техніки;
- провести аналіз сучасних засобів автоматизації процесів вимірювання;
- дослідити принцип роботи координатно-виміральної машини в галузях машинобудування;
- запропанувати застосування лазерних технологій у машинобудуванні.

Методи дослідження: теоретичний аналіз і систематизація науково-теоретичних і методичних джерел; математичні методи; емпіричні методи (стандартизовані методики); методи обробки даних.

У машинобудуванні проводяться різні виміри з різними методами і засобами виміральної техніки, які дають наочний і правильний результат без похибки вимірювань. Але найбільш поширені лінійні та кутові вимірювання геометричних розмірів виробів, шорсткості і хвилястості поверхонь, відхилень розташування і форми поверхонь. Високоточні лінійні та кутові вимірювання забезпечують взаємозамінність виробів, високу якість, надійність і довговічність машин і приладів.

Основні завдання метрології в машинобудуванні – це розвиток загальної теорії вимірювань в машинобудуванні, встановлення фізичних величин, розробка методів і засобів вимірювань, розробка способів визначення точності вимірювань, установлення еталонів для даної галузі застосування автоматизованого обладнання, яке дозволяє значно полегшити працю людини.

У магістерській роботі розглянуто методи автоматизації вимірювань і новітні установки, такі як лазерні технології, які дозволяють покращити ефективність продуктивності випуску деталей і виробів.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИМІРЮВАННЯ

1.1 Аналіз літературних джерел по системам вимірювання механічних величин

Поява і розвиток інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) нерозривно пов'язаний з появою і розвитком обчислювальної техніки і практично повністю визначався її станом. На початковому етапі появи ІВС (1950-1960-ті роки) існували як аналогові, так і цифрові обчислювальні пристрої, що, зокрема, знайшли відображення в класифікації інтелектуальних вимірювальних систем (ІнВС). Аналогові ІВС були більш поширені, ніж цифрові.

У наступні десятиліття відбувався інтенсивний розвиток цифрових обчислювальних пристроїв, які в даний час практично витіснили аналогові пристрої. При цьому змінювався і рівень використовуваних в ІВС цифрових обчислювальних пристроїв. У 1950-1960-і роки використовувалися лампові тригери і інші дискретні елементи, а основним елементом пам'яті був магнітний сердечник з котушками (один сердечник забезпечував один біт пам'яті).

У 60-і роки на зміну лампам прийшли транзистори, а потім мікросхеми малої і середньої інтеграції. В даний час використовуються персональний комп'ютер (ПК) або спеціалізовані мікропроцесорні обчислювальні пристрої [8] на базі великих інтегральних схем.

Одним з найважливіших технічних компонентів ІВС механічних величин є вимірювальний перетворювач, який, як і у всіх автоматизованих ЗВ, повинен забезпечувати перетворення досліджуваної фізичної величини в електричну величину. В даний час вимірювальні перетворювачі дозволяють перетворити в електричний сигнал будь-яку механічну величину [9, 10].

У попередні десятиліття відбувався інтенсивний розвиток перетворювачів за рахунок збільшення номенклатури фізичних величин. У той же час багато типів перетворювачів конструктивно практично не змінювалися. Однак,

завдяки можливостям обчислювальної техніки вдалося в кілька разів підвищити точність вимірювання з використанням цих перетворювачів [6, 7].

Вимірювальна система - сукупність певним чином з'єднаних між собою засобів вимірювань та інших технічних засобів (компонентів вимірювальної системи), що утворюють вимірювальні канали, що реалізують процес вимірювання та забезпечує автоматичне (автоматизоване) отримання результатів вимірювань (що виражаються за допомогою чисел або кодів) фізичних величин, що змінюються в часі і просторі і характеризують певні властивості (стану) об'єкта вимірювань [11].

Вимірювальна система - сукупність функціонально об'єднаних, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів, ПК та інших технічних засобів, розміщених у різних точках контрольованого об'єкта з метою вимірювання однієї або декількох фізичних величин, властивих цьому об'єкту, і вироблення вимірювальних сигналів в різних цілях [5]. Ці визначення відбивають основні властивості ІВС механічних величин:

- ІВС механічних величин є засобом вимірювань;
- ІВС механічних величин призначена для автоматичного збору та обробки великих масивів вимірювальної інформації;
- ІВС механічних величин побудована за системним принципом, при якому окремі компоненти, що утворюють систему, мають конструктивну та функціональну автономність.

Узагальнюючи наведені вище визначення, коротко можна визначити ІВС, як різновид засобів вимірювань, побудованих за системним принципом

і призначених для автоматизованого збору, обробки, відображення та зберігання великих масивів вимірювальної інформації.

В даний час відбувається істотна мініатюризація всіх компонентів вимірювальної та обчислювальної техніки, особливо електронних компонентів. Тому все згадане обладнання може бути розміщено в одному або двох конструктивах з роз'ємами для датчиків.

Аналогічні розміри мають автоматизовані прилади, що містять у своєму

складі обчислювальні пристрої, алгоритми функціонування яких можуть бути ідентичні алгоритмам, реалізованим в ІВС механічних величин.

У зв'язку з цим виникає питання про межу між цими двома видами засобів вимірювань. Згідно з наведеними вище визначеннями, цією межею є системний принцип побудови ІВС, при якому різні функціонально і конструктивно сумісні компоненти володіють певною автономністю і можуть використовуватися у складі різних систем.

У зв'язку з мініатюризацією електронних компонентів ця грань може виявитися для користувачів несуттєвою. Однак для них істотним буде те, що системний принцип побудови ІВС забезпечує її гнучкість по відношенню до вирішуваних завдань.

На відміну від автоматизованих вимірювальних приладів, функції ІВС механічних величин в процесі експлуатації можуть змінюватися і нарощуватися як програмно, так і апаратно.

Зі сказаного можна зробити ще один висновок: незважаючи на віднесення автоматизованих приладів і ІВС до різних класів, по суті обидва види є технічними засобами вимірювальних інформаційних технологій і мають багато спільного в апаратній та алгоритмічній частині.

До ІВС примикають віртуальні інформаційно-вимірювальні прилади [14, 15]. Цим терміном позначають комп'ютер, оснащений набором відповідних апаратних і програмних засобів, що виконує функції інформаційно-вимірювального приладу або системи, максимально наближених до вирішення поставленого завдання. Як видно з визначення віртуальних приладів, за складом і функціями вони повністю збігаються з ІВС механічних величин. Тому виділення їх в окремий вид недоцільно. У віртуальних приладах широко використовується проблемно-орієнтоване програмне забезпечення, зокрема Lab VIEW [14, 16].

Збір та обробка великих масивів інформації неминуче вимагають її стиснення при обробці. Навіть в реєструючих приладах, в яких обсяг вихідної інформації не дуже великий, отримані записи піддаються обробці.

Визначаються екстремальні значення реєстрованої величини і її розмах, перетинання або неперетинання деяких рівнів, тенденція зміни і т. д.

Всі ці результати мають істотно менший обсяг, ніж вихідні дані. В ІВС обсяг вихідної інформації може бути на порядки більше. Тому користувач в принципі не може сприйняти і використовувати цю інформацію в початковому вигляді.

При вирішенні поставленої вимірювальної задачі в результаті обробки вихідних даних відбувається істотне стиснення інформації, і результати вимірювання подається у формі та обсязі, доступних сприйняттю споживачем.

Коротко перераховані вище можливості ІВС механічних величин призвели до того, що вони широко використовуються в різноманітних галузях виробництва та наукових досліджень.

Цьому сприяє насамперед різке зростання можливостей і зниження вартості засобів обчислювальної техніки. У період, коли вартість міні-ПК, які за своїми характеристиками на порядки поступалися сучасним персональним комп'ютерам, становила до десяти річних зарплат інженерів, а для їх обслуговування були необхідні дві-три людини, економічно обґрунтувати впровадження ІВС було неможливо.

Зараз економічна доцільність впровадження цих систем очевидна. Саме тому ІВС функціонують і на машинобудівних підприємствах, і в залізничних депо, і в медичних лабораторіях.

Контроль геометрії, як окремих лопаток, моноколес, так і турбін є невід'ємною частиною технологічного процесу виготовлення двигуна. Сучасні високоточні процеси виготовлення аеродинамічних деталей вимагають застосування адекватних методів контролю отриманих деталей. Причому, оскільки існує вимога 100% -го контролю розмірів лопаток і їх зборок, процес вимірювання повинен бути максимально оптимізований і автоматизований, для скорочення часу виконання контрольних операцій [14].

Сучасні процеси контролю виконуються із застосуванням передового обладнання, зазвичай з комп'ютерним управлінням і зберіганням даних.

Вимірювальні системи різних типів дозволяють отримувати інформацію про точки фактичної поверхні виготовленої деталі з високою точністю. За допомогою програмних пакетів, як спеціалізованих, так і загальноінженерних реалізується обробка віртуальних моделей деталей з метою аналізу відхилень їх поверхонь від номінальних, заданих конструктором.

На даному етапі можна говорити про створення ІнВС, які містять, на відміну від ІВС, базу даних і базу знань. ІнВС здатні самонавчатися, накопичуючи нові дані у базі даних та нові правила у базі знань.

Інтелектуальна вимірювальна система забезпечує високу якість вимірювань, можливість виконувати контроль всієї поверхні, а не лише окремих розмірів, а також збереження даних щодо проведених вимірювань для можливого подальшого використання.

Таким чином, можна зробити висновок, що для максимально ефективного використання ІнВС при реалізації технологічних процесів контролю, необхідно здійснювати вибір систем на підставі особливих вимог до моделі і технології її отримання, що пред'являються конструктивними особливостями контрольованих об'єктів.

Основи технології контактних вимірювань представлені в роботі [20]. На відміну від традиційних засобів вимірювань, координатно-вимірювальні машини дозволяють вимірювати елементи геометрії вільної форми, оскільки вимірювання не виконуються безпосередньо.

Розміри геометричних елементів обчислюються на підставі координат точок їх поверхні, причому цих точок має бути достатньо для однозначного визначення всіх невідомих параметрів, що описують той чи інший елемент геометрії.

Координатно-вимірювальні машини (КВМ) крім вимірювання геометричних розмірів використовують для визначення параметрів поверхні, величин відхилень форми та розташування поверхонь.



Рисунок 1.1 – Виконання контактних вимірювань за допомогою щупа

Найважливішою перевагою контактних вимірювальних систем є висока точність отриманих фактичних значень координат точок поверхні. Заявлена виробниками КВМ точність вимірювання становить порядку (0,5-2) мкм.

Практично в кожному огляді різних технологій оцифровки [13, 16] та ін., відзначаються недоліки контактних методів вимірювання з використанням триосьової КВМ. Серед них:

- Неможливість вимірювання значень в точках, розташованих на поверхнях з негативним ухилом;
- Високий ризик зіткнення щупа з деталлю в процесі вимірювання і, отже, необхідність верифікації траєкторії переміщення робочого щупа в процесі вимірювань декількох суміжних порожнин;
- Низька швидкість вимірювання;
- Можливі складнення з перерахунком фактичних даних від зсуву щупа;
- Отримання неповних даних про поверхні навіть при використанні схем реєстрового сканування поверхні об'єкта;
- Необхідність досить складних кріплень для вимірюваної деталі;
- Неможливість оцифровки ділянок поверхні деталі, що містять дрібні елементи, розмір яких порівнюється з розмірами контактного щупа.

У сучасних пристроях вся інформація, отримана в результаті вимірювання, оцифровується, це забезпечує їх широке поширення. Компактність і легкість монтажу лазерних систем - істотна перевага перед стаціонарними КВМ. Лазерні трекери з похибкою 10 мкм на відстані вимірювання 1м використовуються для вимірювання великогабаритних виробів, наприклад, фюзеляжів, вимірювання криволінійних поверхонь, настройка стапелів і складальних ліній.

Застосування лазерних систем в технологічному процесі має бути закладено спочатку, таким чином, щоб до цієї операції були забезпечені хороші відображаючі властивості вимірюваної поверхні. При проектуванні лазерного променя на поверхню у відбитті чітко помітна пряма лінія, товщина якої відповідає товщині використаного лазерного променя, тому лазерні вимірювальні системи особливо ефективні для контролю окремих перетинів, але для отримання оцифрованої моделі повної поверхні деталі або вузла складної форми потрібний значний час [20].

При використанні технології оптичної оцифровки, модель поверхні формується шляхом поєднання окремих фрагментів поверхні в єдиному координатному просторі. Зображення, що отримується камерою, конвертується в цифровий формат, а інформація про колір зберігається тільки у відтінках сірого.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд і принципова схема роботи установки тривимірних безконтактних лазерних вимірювань

На підставі двох плоских зображень, отриманих цифровими камерами, розташованими під заздалегідь визначеним кутом, розраховуються просторові координати точок оцифровки поверхні.

Кожна пара зображень містить інформацію про координати до 4 млн. точок поверхні, кількість вимірних точок визначається дозволом цифрових камер, що сприймають відбите випромінювання. Можлива послідовна сшивка великого числа фрагментів поверхні, що дозволяє виконувати повну оцифровку об'єктів практично будь-яких габаритів [12, 18].

Модель, отримана в результаті оцифровки з використанням оптичних вимірювальних систем, містить повну інформацію про ділянки зовнішньої поверхні об'єкта, для яких можна одночасно отримати зображення на обох камерах.

Така модель може бути надалі використана для оцінки відхилення фактичної поверхні деталі від номінальної моделі, спроектованої конструктором, в будь-якій доступній точці, формування перетинів і колірних карт відхилень.

До недоліків оптичних вимірювальних систем можна віднести такі як: надзвичайна чутливість до умов навколишнього середовища і залежність точності виконуваних з їх допомогою вимірювань від кількості виконаних сканувань.

Точність виконання оптичних вимірювань залежить від великої кількості факторів: умов вимірювання, оптичних властивостей поверхні, вибраних точок суміщення, і в більшості випадків становить порядку сотих часток міліметра, що обмежує використання даної групи систем оцифровки для контролю геометрії окремих високоточних деталей, наприклад, компресорні лопатки.

Ряд труднощів, пов'язаних з використанням оптичних і лазерних вимірювальних систем, таких як неможливість оцифровки поверхонь, що повністю перекриваються, необхідність моделювання процесу вимірювань з метою визначення оптимальних положень робочих органів вимірювальних установок і залежність результату вимірювань від механічних і оптичних

властивостей поверхні може бути подолана в разі використання методів безконтактних вимірювань, для реалізації яких застосовуються проникаючі випромінювання.

Різні методи проведення контролю, засновані на застосуванні томографії представлені в роботі [12, 18]. Вимірювання з використанням проникаючих випромінювань дозволяють визначити параметри елементів, недоступних для контролю будь-якими іншими методами, оскільки не мають такої проблеми, як перекриття вимірюваних елементів іншими частинами об'єкта.

Комп'ютерна томографія використовується в першу чергу як метод неруйнівного контролю структури матеріалу, що дозволяє виявити дефекти, наприклад, пори, розташовані всередині структури матеріалу.

Для створення 3D-моделі необхідний ряд послідовних знімків, виконаних при обертанні об'єкта на 360 градусів. Потім зображення проходить через спеціальний алгоритм (реконструкцію) програмного забезпечення, яке створює тривимірну модель зразка.

Крім зовнішньої поверхні зразка, модель відображає і внутрішні елементи досліджуваного об'єкта відповідно до їх щільності. Можливість «переміщення» крізь 3D-модель дозволяє проводити аналіз, внутрішні вимірювання, виявляти дефекти і структурні недосконалості матеріалів.

Особливу увагу варто приділити комбінації рентгенівської трубки і мішені, оскільки саме вони мають величезний вплив на точність і продуктивність системи. Оскільки при використанні проникаючих випромінювань для оцифровки пред'являються вимоги безпеки, пов'язані з всебічним обмеженням робочої зони, то габарити деталей, які можна ефективно проконтролювати за допомогою даної технології, є найменшими серед розглянутих.

Традиційно розмір робочої зони не перевищує 600 мм в будь-якому з напрямків вимірювання. Крім того, безліч деталей, для яких оцифровка з використанням проникаючих випромінювань дає задовільні результати, обмежується параметром найбільшої товщини стінки деталі. Ця величина

істотно залежить від матеріалу деталі і потужності використовуваного джерела випромінювання, але зазвичай не перевищує 10% лінійного розміру робочої зони.

Аналіз розглянутих матеріалів дозволяє стверджувати, що технологія оцифровки з використанням проникаючих випромінювань практично не знаходить застосування в галузі контролю прохідного перетину соплових апаратів турбіни авіаційного двигуна.

Мультисенсорна вимірювальна система вибудовується за модульним принципом, при цьому дані отримані з різних сенсорів збираються і обробляються однією системою управління. Приклад мультисенсорної системи, що включає лазерний сканер і контактний щуп показано на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Приклад мультисенсорної системи, що включає лазерний сканер і контактний щуп

Використання вимірювальної системи, що має кілька робочих органів з різними вимірювальними принципами, або методики послідовного вимірювання із застосуванням різних параметрів процесу оцифровки дозволяє виключити більшість недоліків окремих технологій і реалізувати контрольні операції максимально ефективно.

При цьому, однак, слід пам'ятати, що проведення повторних вимірювань однієї і тієї ж ділянки поверхні з використанням різних вимірювальних органів мультисенсорної установки призводить до істотного зростання сумарного часу виконання процесу.

Вибір вимірювальної системи, що використовується для отримання

комп'ютерних моделей фактичної поверхні деталей і вузлів турбіни, є першим етапом переоснащення контрольних операцій в серійному виробництві.

Однією з ключових проблем, пов'язаних з впровадженням обраних технологій у серійне виробництво, є необхідність розробки принципово нових методів та процедур виконання контрольних операцій [14].

1.2 Аналіз існуючих методів вимірювань системами

Робота ІнВС заснована на координатних вимірюваннях, тобто на почерговому вимірюванні координат певного числа точок поверхні деталі і подальших розрахунках лінійних і кутових розмірів, відхилень розміру, форми і розташування у відповідних системах координат.

Використовуються три основні системи координат: абсолютна система координат машини (СКМ), відносна система координат (ВСК) машини і система координат деталі (СКД).

Системи координат машини утворюють направляючі координатних переміщень і вимірювальні системи КВМ; початок СКМ вибирається довільно. Напрямок осей ВСК співпадає з напрямком осей СКМ, а початок поєднується з центром або іншою точкою калібратора (геометричного елемента, нерухомого під час вимірювання).

Відносна система координат забезпечує єдність координатних даних при вимірюванні декількома чутливими елементами КВМ, взаємодіючими з вимірюваною поверхнею, у разі зміни їх параметрів або положення в СКМ.

Результати вимірювання представляються в СКД, яка формується шляхом вимірювання положення в СКМ обраних базових поверхонь деталі. СКД може змінюватися в процесі вимірювання. Всі операції з розрахунку систем координат і трансформації значень координатних даних виконуються за програмою автоматично, на основі даних вимірювань, що вводяться в системи координат машини [14].

Координатні вимірювання реалізуються комплексом апаратних і

програмних засобів. Інтелектуальні вимірювальні системи умовно можна розділити на базову частину, що містить вузли координатних переміщень, вимірювальний перетворювач (ВП) і вимірювальну головку (ВГ), призначену для безпосереднього вимірювання координат точок, і керуючий обчислювальний комплекс (КОК) на основі ПК, призначений для управління процесом вимірювання, обробки та подання даних вимірювання.

Габарити, конструкція, точність базової частини в основному визначаються параметрами вимірюваних деталей і умовами експлуатації. Для визначення структури КОК вирішальними є тип вимірювального перетворювача і ВГ базової частини ІнВС, необхідна ступінь автоматизації вимірювання, показники програмно-математичного забезпечення і вимоги до форми представлення результатів вимірювання.

Склад і показники програмно-математичного забезпечення залежать від спектру метрологічних завдань і ступеня автоматизації ІнВС.

Координати точок можуть зчитуватися при русі вузлів ІнВС або у стані їх спокою. Перший режим реалізується із застосуванням нульових вимірювальних головок (головок торкання) або головок відхилення.

У голівках торкання в момент зіткнення вимірювального наконечника з вимірюваною поверхнею відбувається дискретна зміна електричного сигналу, що є командним сигналом на зупинку і реверс приводів.

Головки даного типу не дають інформації про значення і напрямку зміщення їх вимірювальних наконечників.

При взаємодії ж наконечника ВГ з вимірюваною поверхнею подається інформація про значення, а іноді й напрямок зсуву вимірювального наконечника з вихідного положення. Відлік координат точок проводиться після досягнення нульових показань вбудованих у ВГ вимірювальних перетворювачів або по команді від системи управління.

У другому випадку координати точок визначаються підсумовуванням показань вимірювальних перетворювачів ВГ та ІнВС. Вимірювання в динамічному режимі володіють високою швидкістю і універсальністю, проте

дещо меншою точністю (головним чином, через коливання рухомих вузлів ІнВС).

Точність вимірювання підвищується при вимірюванні в статичному режимі, коли відлік координат точок відбувається в стані спокою рухомих вузлів ІнВС. Цей спосіб вимірювання реалізується тільки із застосуванням ВГ.

Вимірювання в динамічному режимі реалізуються при ручному й автоматичному управлінні, а в статичному - тільки при автоматичному управлінні, за винятком КВМ з жорсткими вимірювальними наконечниками, що встановлюються замість ВГ.

Такі наконечники використовуються в малогабаритних ручних ІнВС невисокої точності. Управління рухливими вузлами ІнВС в автоматичному режимі здійснюється від ПК, а в ручному - від спеціального пульта. ПК, крім управління вимірювальними органами ІнВС, виконує обробку даних вимірювання. Ця обробка включає наступні операції:

- Визначення координат і поправок окремих вимірювальних наконечників вимірювальних головок. Необхідну інформацію для цих розрахунків отримують виміром калібратора - атестованої з високою точністю зразкової деталі (сфери або куба), що зберігає в процесі вимірювання незмінне положення щодо СКМ.

- Виконання даної операції необхідно після кожної зміни параметрів або положення ВГ щодо вузла ІнВС, на якому вона закріплена. Результати вводяться в пам'ять ПК і враховуються при розрахунках геометричних параметрів деталей.

- Формування систем координат деталі, які необхідні для правильної оцінки результатів вимірювання, можливості переставляти деталь в процесі вимірювання, не втрачаючи при цьому єдності вимірювань. СКД може бути сформована щодо будь-яких геометричних елементів деталі, однозначно визначають положення й орієнтацію СКД в СКМ. Число СКД не обмежується.

- Виконання розрахунків геометричних параметрів деталей. При цьому враховуються координати і параметри окремих вимірювальних наконечників

ВГ, проводиться трансформація результатів, пов'язана з утворенням декількох систем координат.

– Виконання статистичної обробки результатів вимірювань. Підготовка даних для автоматичного керування з урахуванням вже виконаних операцій та отриманих результатів вимірювання.

– Представлення результатів вимірювання в необхідному обсязі і в зручному для користування вигляді.

Порядок вимірювання ІнВС залежить від базової частини, засобів і методів підготовки програм і включає наступні операції:

За кресленням або зразком деталі визначаються і з використанням відповідної символіки позначаються параметри, що підлягають контролю.

Визначається послідовність вимірювань і розрахунків; системи координат деталі; необхідне число, форма і орієнтація вимірювальних наконечників; спосіб установки і кріплення деталі; форма представлення результатів вимірювань.

Склад вимірюваних поверхонь і розмірів, що розраховуються, параметрів відхилень форми і взаємного розташування залежить від можливостей програмно-математичного забезпечення і потужності засобів обчислювальної техніки.

Всі сучасні ІнВС надають можливість вимірювати деталі з типовими поверхнями - площинами, циліндрами, конусами, сферами або їх сегментами. Число вимірюваних точок може коливатися в досить широких межах, від мінімального, що однозначно визначає розглянуту лінію або поверхню, до декількох сотень.

Від числа точок вимірювання залежить точність розрахунків характеристик поверхні і продуктивність вимірювання. Як правило, вимірюють до 20 точок на кожній поверхні.

Зі зменшенням числа точок вимірювання підвищується ймовірність виникнення значних похибок вимірювання внаслідок впливу відхилень форми, пошкоджень і місцевих забруднень вимірюваних поверхонь. Збільшення числа

точок знижує продуктивність контролю.

Найбільш досконалі ІнВС можуть вимірювати деталі зі спеціальними складними криволінійними поверхнями - зубчасті колеса, лопатки турбін, розподільні вали і т.п., а також довільні криволінійні поверхні, не описувані аналітично.

Для вимірювання деталей складної форми з великим числом поверхонь різних форм і розташування ІнВС забезпечуються ВГ, в які одночасно може бути встановлено до 25-40 вимірювальних наконечників.

Необхідна універсальність може досягатися поворотом ВГ або її зміною в процесі вимірювання, здійснюваними вручну або за програмою за допомогою ПК.

Установка і кріплення деталі передбачаються такими, щоб деталь в процесі вимірювання не порушувалася і не деформувалася; крім того, має бути забезпечений доступ до вимірюваних поверхонь.

Відповідно до розробленого плану проведення вимірювання складається програма вимірювання, що включає підготовку системи управління ІнВС, калібрування вимірювальних наконечників ВГ, визначенні СКД, вимірювання координат точок, введення номінальних значень і граничних відхилень вимірюваних параметрів, розрахунок їх фактичних значень, роздруківку протоколів та подання даних в графічному вигляді.

Інформація про вимірювану поверхню може бути зібрана шляхом дискретних вимірювань кожної точки окремо або безперервним стеженням по поверхні.

У першому випадку при вимірюванні в кожній точці вимірювальний наконечник вводиться в зіткнення з вимірюваною деталлю і виводиться з нього після зняття показань вимірювальних систем. Такий спосіб є основним при вимірюванні лінійних і кутових розмірів, відхилень взаємного розташування; він особливо зручний при вимірюванні деталей із зазначеними типовими поверхнями.

При вимірюванні стеженням вимірювальний наконечник вводиться в

контакт з вимірюваною поверхнею і без відриву переміщається по контуру в певних перетинах. Під час руху зчитуються значення координат необхідного для розрахунку числа точок.

Для зчитування інформації може бути прийняте постійним або відстань по координаті протягання, або відстань між двома наступними точками, або відстань по контуру, або кут в полярній системі відліку, або висота хорди між сусідніми точками відліку і т.д.

Даний спосіб вимірювання є основним для визначення розмірів і відхилень форми криволінійних поверхонь. Реалізується він тільки із застосуванням вимірювальних головок відхилення.

Вимірювання першої деталі включає установку деталі на предметному столі ІнВС; введення програми вимірювання; ручну калібрування вимірювальних наконечників; ручне вимірювання координат точок на базових поверхнях деталі для формування СКД; ручне або автоматичне вимірювання деталі і розрахунок вимірюваних параметрів. Результати розрахунків в процесі вимірювання накопичуються в пам'яті ПК. Ці дані в подальшому використовуються для розрахунку похідних геометричних елементів.

Результати вимірювань подаються у вигляді роздрукованих протоколів і на екрані дисплея, або виводяться на зовнішні машинні носії інформації, накопичуються в зовнішній пам'яті, пересилаються в інший ПК.

Результати вимірювань відхилень форми і взаємного розташування для зручності аналізу можуть бути представлені в графічному вигляді.

Зміст і формат протоколів і графіків з результатами вимірювань можуть програмуватися з видачею, як мінімальної інформації про справжні розміри, так і повних оціночних даних.

При вимірюванні подальших деталей калібрування ВГ і визначення положення деталі можуть бути виключені або всі операції можуть бути виконані автоматично.

В даний час вже налічується понад 100 моделей ІнВС, що розрізняються за призначенням, принципом дії, компонованням, методом вимірювання,

діапазоном вимірювання, точністю проведених вимірювань, рівнем автоматизації та ін.

Автоматичне управління рухом виконавчих органів ІнВС підрозділяється на два види:

рух виконавчих органів ІнВС здійснюється від системи числового програмного керування (ЧПК) відповідно до програми управління; взаємозв'язок рухів за координатами реалізує спеціальний пристрій - інтерполятор системи ЧПК;

взаємозв'язок рухів за координатами здійснюється за допомогою «копіювальної» системи ІнВС, де в якості «копіра» використовується поверхня вимірюваної або зразковою деталі.

Вимоги до засобів автоматизації процесу зчитування, обробки та запису результатів вимірювань (ВГ, вимірювальні перетворювачі, блоки цифрової індикації та ін.) визначаються в основному методами координатних вимірювань.

Можлива побудова ІнВС, що реалізують диференційний метод порівняння з мірою і стеження за поверхнею. У цьому випадку в якості «копіра» використовується зразкова деталь, поверхня якої відстежується виконавчим органом ІнВС, що несе дві головки, одна з яких контактує з поверхнею зразковою деталі, а інша - з поверхнею вимірюваної деталі.

Тоді сигнал, що знімається з головки, що взаємодіє з вимірюваною деталлю, характеризує відхилення реальної поверхні від номінальної. Принцип роботи описаної схеми ІнВС аналогічний вимірювального пристрою типу «качалка», широко застосовується в промисловості для вимірювання деталей складної форми, таких, наприклад, як турбінні лопатки великої крутості.

Істотним недоліком ІнВС розглянутої схеми є велика трудомісткість її переналагодження на вимірювання різних типорозмірів деталей, тобто зменшена «гнучкість».

Однак при роботі в парі з копіювальним верстатом, коли інша, «бескопірна», технологія неефективна, ІнВС розглянутої групи, можливо,

знайдуть застосування. Більшість координатних вимірювань в даний час проводиться з використанням нульових вимірювальних головок (головок торкання), що зумовлено їх хорошими точносними характеристиками, простотою конструкції і легкістю автоматизації процесу вимірювання за допомогою системи ЧПК.

Застосування ВГ відхилення в ІнВС, що реалізують нульовий метод, координатних вимірювань дозволило істотно підвищити точність координатних вимірювань.

Маючи велику перевагу - високу точність вимірювань, нульовий метод володіє одним істотним недоліком - для забезпечення цієї точності бажаний «вистій» приводів у момент знімання інформації з датчиком переміщень, що знижує загальну продуктивність вимірювань на ІнВС.

Основні методи оптимізації складних систем, які застосовуються в даний час.

1. Метод перебору.

Суть методу полягає в послідовному переборі всіх варіантів побудови систем управління з одночасним обчисленням функціоналу якості обраним критерієм оптимальності.

Відповідно, оптимальна система буде володіти кращим показником якості. Метод простий, зручний, легко програмується на ПК, дозволяє аналізувати і синтезувати будь-які структури систем, однак вимагає великої кількості часу.

2. Метод Монте-Карло.

Суть методу полягає в розрахунку критерію оптимальності систем управління, обраних за допомогою генератора випадкових чисел. Далі серед цих систем вибирається оптимальна.

Перевагою методу є простота і швидка збіжність, можливість аналізувати і синтезувати будь-які структури систем, а недоліком є те, що обрана система може бути оптимальною в малому, але не оптимальною у великому.

3. Метод динамічного програмування.

Суть методу полягає в послідовному пошуку керуючого оператора переходу, що є оптимальним на кожному кроці пошуку.

Перевагою методу є ефективність при аналізі та синтезі лише лінійних структур системи управління, недоліком - складність і повільна збіжність.

4. Метод масового обслуговування.

Суть методу полягає в поданні пошуку оптимальної системи управління, як випадкового процесу. Відповідно, сама система управління розглядається як система, що обслуговує потоки заявок.

Перевагою методу є його універсальність при аналізі та синтезі систем управління, а недоліком - складність опису потоків подій.

5. Метод кінцевих автоматів.

Суть методу полягає в представленні системи управління у вигляді кінцевого автомата, що виконує певний набір операцій відповідно до заданим законом керування. Перевагою методу є можливість аналізу впливу деяких зовнішніх факторів на закон управління та структуру системи, недоліком - не проводиться синтез проміжних варіантів.

6. Метод заміщень.

Суть цього методу полягає в цілеспрямованій побудові деякої невеликої кількості систем управління, що задовольняють векторам

допустимих зв'язків, розрахунку значення критерію оптимальності для кожної з цих систем і вибору з них системи з мінімальним значенням критерію.

Метод зміщений має цілий ряд переваг.

Це пов'язано з його наступними особливостями:

- в порівнянні з методом перебору метод заміщень володіє більш швидкою збіжністю;

- метод заміщень дозволяє досліджувати будь-які структури систем управління;

- в порівнянні з методом Монте-Карло метод заміщень дозволяє досліджувати структури з локальним і глобальним екстремумами цільової функції;

– на відміну від методів кінцевих автоматів та мереж Петрі метод заміщень дозволяє не тільки аналізувати, але й синтезувати різні структури систем управління.

– Метод заміщень - це точний метод розв'язання оптимізаційних задач.

1.3 Основні напрямки ефективного використання вимірювальних систем

Для визначення вимог до складових частин КВМ і ІнВС, необхідно виявити області застосування цих технологічних машин.

Зарубіжні дослідження показали, що 84% всіх завдань вимірювання можна поділити на чотири групи, наймасовішими з яких є вимірювання: діаметра отвору (47%); відстаней між двома отворами - 21%; відстаней між двома поверхнями - 8%; відстаней по глибині між двома отворами - 8%), тобто вимірювання з поверхнями обертання складають до 80%.

Таким чином, наведені дані про структуру деталей і структурі контрольованих параметрів в машинобудуванні свідчить про те, що значна частина контрольованих параметрів - це параметри поверхонь обертання. Тому підвищення технічного рівня контролю цих параметрів представляє безперечний інтерес.

Відомо, що найбільш складними і точними з деталей двигуна є розподільний і колінчастий вали, а також супутні їм деталі технологічного та контрольованого устаткування, а саме копії й контрольні (еталонні) блоки.

Особливістю цих деталей є наявність в них комплексу параметрів, притаманних тілам обертання, а так само дуже висока необхідна точність (контрольні та еталонні блоки), контроль якої не забезпечується наявними у виробництві засобами.

Тому необхідно проводити аналіз структури контрольованих параметрів цих, складних за формою і важливих для надійної та продуктивної роботи двигуна, деталей в технологічному процесі виготовлення двигунів.

Технічний контроль цих деталей являє собою складну задачу, яка в даний час на більшості підприємств двигунобудування країни не вирішена.

Найважливішу роль у забезпеченні якості та конкурентоспроможності продукції практично всіх галузей народного господарства відіграє контроль-вимірювальна техніка, в якій особливе місце займають засоби вимірювання та контролю геометричних параметрів деталей, вузлів машин і механізмів.

Традиційні методи, розроблені для контролю до появи сучасних засобів технічного та програмного оснащення, будучи перекладеними на сучасні завдання, виявляються недостатньо ефективними, і не дозволяють повною мірою задіяти можливості нових інструментів вимірювань.

Потрібні не тільки нові методи отримання, обробки та зберігання інформації, а й детально опрацьовані концепції, закладені в основі контролю.

Наступним кроком в розвитку ІнВС є створення інтелектуальних вимірювальних роботів (ІВР).

Останні мають перевагу над ІнВС в тому, що вони майже не потребують втручання людини, оскільки вони отримують чітко поставлену задачу і самостійно виконують її.

Більшість теоретичних та прикладних досліджень нових прецизійних методів автоматизованого вимірювання з мінімальною похибкою не мають практичного застосування. Виходячи з цього, розробка інтелектуальних вимірювальних систем механічних величин та підвищення їх метрологічних характеристик, є актуальним питанням сучасного розвитку приладобудування.

Подальші дослідження приладів та систем для вимірювання механічних величин, їх технічних та метрологічних характеристик вказують на необхідність підвищення точності та швидкодії вимірювань.

Дані дослідження направлені на створення методів, методик та засобів вимірювання механічних величин на базі створення нових універсальних, перспективних інтелектуальних вимірювальних систем з визначенням складових похибок вимірювання, їх автокомпенсації з використанням експертних систем.

Сучасні вимірювальні системи виконуються із застосуванням передового обладнання, зазвичай, із комп'ютерним управлінням і зберіганням даних.

Вимірювальні системи різних типів дозволяють отримувати інформацію про точки реальних координат з високою точністю, здійснюють комп'ютерну корекцію похибок, зберігання даних про результати та процес.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

2.1. Основні поняття

Засіб вимірювання - це технічний засіб або їх комплекс, що використовується при вимірах і має нормовані метрологічні характеристики.

Засоби вимірювань можна класифікувати за двома такими ознаками, як конструктивне виконання та метрологічне призначення.

По конструктивному виконанню засоби вимірювань підрозділяються на міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні системи або комплекси.

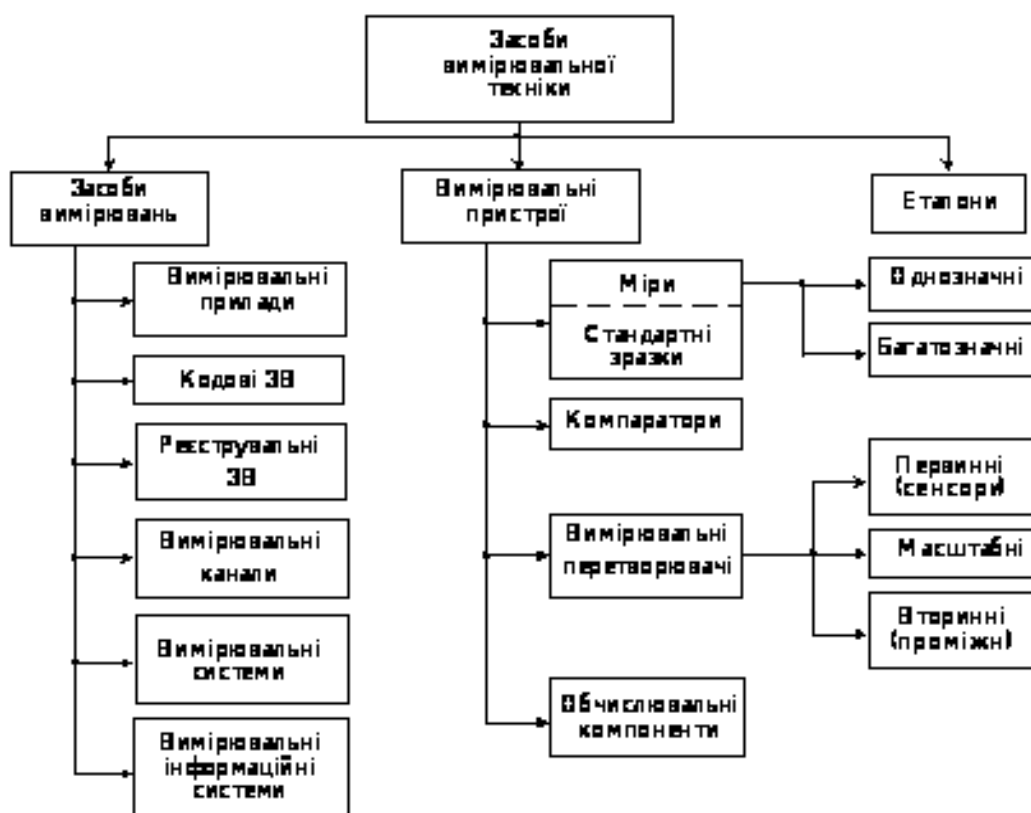


Рис. 2.1 – Класифікація засобів вимірювальної техніки

Вимірювання - це сукупність операцій по застосуванню технічних засобів, що зберігає одиницю фізичної величини, забезпечує знаходження співвідношення (в явному або неявному вигляді) вимірюваної величини з її одиницею і отримання значення цієї величини.

Метою вимірювання є отримання значення величини у формі, найбільш зручній для користування.

Вимірювання можуть бути класифіковані:

1) по загальних прийомах отримання результатів вимірювань:

- прямі – це такі вимірювання, при якому шукане значення фізичної величини отримують безпосередньо (вимірювання довжини деталі мікрометром);

- непрямі – це такі вимірювання, при якому шукане значення величини визначають на підставі результатів прямих вимірювань інших фізичних величин, які функціонально пов'язані з шуканою величиною.

2) за висловом результату вимірювань:

- абсолютні (вимірювання, які засновані на прямих вимірюваннях величин і використанні значень фізичних констант);

- відносні (вимірювання відношення величини до однойменної величини, що виконує роль одиниці);

Метод вимірювань – це прийом або сукупність прийомів порівняння вимірюваної величини з її одиницею, відповідно до реалізованого принципу вимірювань.

Методи вимірювань класифікують за кількома ознаками.

1) по загальних прийомах отримання результатів вимірювань розрізняють:

- прямий метод вимірювань;

- непрямий метод вимірювань.

За умовами вимірювання розрізняють контактний і безконтактний методи вимірювань.

Контактний метод вимірювань заснований на тому, що чутливий елемент приладу приводиться в контакт з об'єктом вимірювання. Безконтактний метод вимірювань заснований на тому, що чутливий елемент приладу не приводиться в контакт з об'єктом вимірювання.

Виходячи зі способу порівняння вимірюваної величини з її одиницею, розрізняють методи безпосередньої оцінки і метод порівняння з мірою (рис. 2.2).



Рис. 2.2 – Види методів вимірювання

При методі безпосередньої оцінки визначають значення величини безпосередньо по відлікованому пристрою (термометр, вольтметр і інші). Міра, що відображає одиницю вимірювання, у вимірі не бере участь.

При методі порівняння з мірою вимірювану величину порівнюють з величиною, що відтворюється мірою (вимір маси на важільних вагах із зрівноважуванням гирями):

а) метод протиставлення – це метод порівняння з мірою, у якому вимірювана величина і величина, відтворена мірою, одночасно впливають на

прилад порівняння, за допомогою якого встановлюється співвідношення між цими величинами;

б) диференціальний метод – метод порівняння з мірою, у якому на вимірювальний прилад впливає різниця вимірюваної та відомої величини, що відтворюється мірою;

в) нульовий метод – метод порівняння з мірою, у якому результуючий ефект впливу величин на прилад порівняння доводять до нуля;

г) метод заміщення – це метод порівняння з мірою, у якому вимірювану величину заміщують відомою величиною, що відтворюється мірою;

д) метод збіжності – метод порівняння з мірою, у якому різниця між вимірюваною величиною і величиною, відтвореною мірою, вимірюють, використовуючи збіг від позначок шкал або періодичних сигналів.

2.2 Метрологічні характеристики засобів вимірювань

Метрологічні характеристики засобів вимірювання і контролю призначені для оцінки технічного рівня і якості засобу вимірювання, для визначення результатів вимірювання та розрахункової оцінки характеристик інструментальної складової похибки вимірювання. Для забезпечення єдності вимірювань та взаємозамінності засобів вимірювань характеристики їх метрологічних властивостей нормуються і регламентуються стандартами. Якість вимірювання характеризується точністю, достовірністю, правильністю, збіжністю і відтворюваністю вимірювань, а також розміром допустимих похибок.

Номенклатура метрологічних характеристик залежить від призначення засобу вимірювань, умов та режимів експлуатації. На практиці використовуються такі основні метрологічні показники засобів вимірювання, як:

- ціна поділки шкали – це різниця значень величин, відповідних двом сусіднім відміткам шкали;

- інтервал поділки шкали – це відстань між серединами двох сусідніх штрихів шкали;

- діапазон вимірювання – це діапазон значень вимірюваної величини, що може бути виміряний даними засобом вимірювання і для якого нормується допустима похибка засобу вимірювання;

- вимірювальне зусилля – це одна з основних характеристик засобів вимірювання лінійних і кутових величин контактним методом, яке виникає в зоні контакту вимірювального наконечника з вимірюваною поверхнею у напрямку лінії вимірювання;

- варіація показань – це найбільша експериментальне визначення різниці між повторними показниками засобів вимірювання, які відповідають одному і тому ж дійсному значенню вимірюваної величини при незмінних зовнішніх умовах.

Автоматизовані й автоматичні засоби вимірювання і контролю, що використовуються в машинобудуванні, так само як і універсальні, мають нормовані метрологічні властивості.

Найбільш характерні для автоматичних засобів контролю показники - це:

- чутливість приладу – відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу викликає зміни вимірюваної величини;

- похибка спрацьовування – похибка команди, що видається приладом при досягненні заданої величини контрольованого розміру або припинення процесу обробки контрольованої деталі на верстаті;

- похибка зміщення налаштування – похибка, що характеризується стабільністю роботи приладу і визначається зміщенням його настройки після певного числа спрацьовувань;

- похибка зворотного ходу – різниця показань приладу при установці наконечника приладу в одне і те ж положення при переміщенні його в прямому і зворотному напрямках.

Крім перерахованих характеристик для приладів часто обумовлюються нормальні (робочі) умови роботи, при яких величини, що впливають на

точність одержуваних результатів, мають мінімальні значення (температура, вологість, тиск і т. д.).

2.3 Засоби автоматизації

Засоби автоматизації – це сукупність програмних, технічних і програмно - технічних засобів, призначених для створення керуючих систем.

Всі автоматичні системи складаються з автоматичних пристроїв, в які входять різноманітні елементи (прилади, механізми, апарати та ін.). Елемент - це частина автоматичного пристрою, в якому відбуваються кількісні і якісні перетворення фізичних величин [8].

Залежно від виконуваних функцій в автоматичному пристрої всі елементи поділяються на три основні групи: первинні, проміжні і кінцеві.

Первинна група складається із задавальних і сприймальних елементів (задатчиків і датчиків) для добування первинної інформації.

Проміжна група складається з підсилюючих і перетворюючих елементів (підсилювачів, перетворювачів), які здійснюють зв'язок між первинними і кінцевими елементами.

Кінцева група складається з виконавчих елементів (механізмів, приладів), які впливають на керуючий об'єкт. Якщо виконавчі елементи мають механічний вихід, то їх називають виконавчими механізмами.

До первинних елементів автоматичних пристроїв належать задавальні і сприймаючі елементи. Задавальні елементи або задатчики, задають програму, яку має виконати автоматична система. За допомогою задатчика налаштовують автоматичну систему на відповідний режим роботи або встановлюють порядок дії та керуючий об'єкт. Сприймаючий елемент сприймає із зовні величини, на які він реагує.

За характером роботи сприймаючі елементи можна поділити на датчики і сприймаючі механізми.

Датчиком або первинним вимірювальним перетворювачем, називають елемент, який перетворює вимірювану величину у вихідний сигнал для подальшої передачі і перетворення. Більшість датчиків перетворюють неелектричні величини в електричні.

Сприймаючим механізмом називають такий сприймаючий елемент, який при зміні регулюючого параметра не тільки виробляє сигнал, а й сам безпосередньо виконує потрібні вмикання або перемикання виконавчих органів.

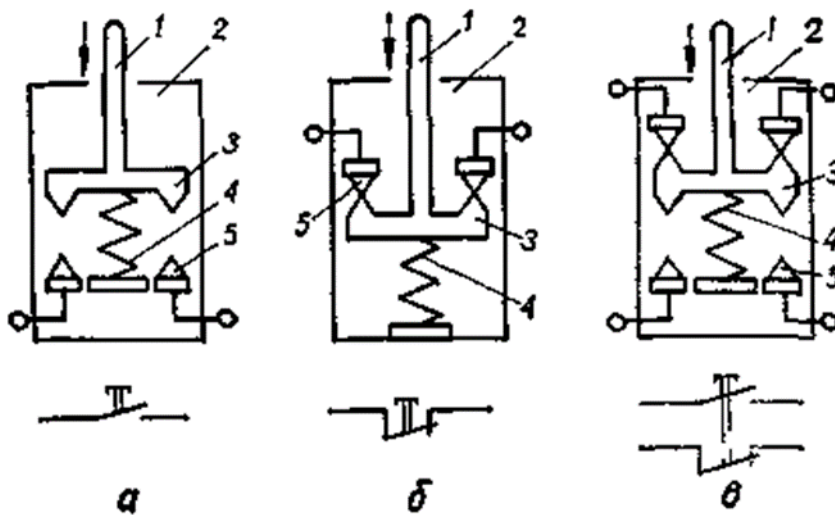


Рис.2.1 - Шляхові електричні датчики

а - замикальний, б - розмикальний, в - перемикальний;

1 - рухомий шток, 2 - корпус, 3 - рухомі контакти, 4 - пружина, 5 - нерухомі контакти

Командним датчиком є, наприклад, шляховий електричний датчик контактного типу, який призначений для вмикання і вимикання електродвигуна в той час, коли рухома частина верстата або оброблювана деталь досягає заданого положення із замикальними, розмикальними і перемикальними контактами.

У замикальному датчику (рис. 2.1, а) при натискуванні рухомої частини верстата на шток 1, пересувні контакти 3 опускаються і замикають нерухомі контакти 5. Як тільки натиск на шток припиняється, рухомі контакти під дією пружини 4 повертаються у вихідне положення.

У розмикальному датчику (рис. 2.1, б) при натискуванні на шток замкнуті контакти розмикаються. В перемикальному датчику (рис. 2.1, в) при натискуванні на шток одне електричне коло (верхнє) розмикається, а друге - замикається.

Шляхові електричні датчики контактного типу називаються шляховими вимикачами і перемикачами. За допомогою датчиків або кінцевих вимикачів автоматизується робота верстатних ліній.

2.4 Характеристика автоматизованих рівнів

Автоматизація виробничих процесів може здійснюватися на різних рівнях.

Автоматизація має так званий нульовий рівень, якщо у виробництві участь людини виключається тільки при виконанні робочих ходів (наприклад, обертання шпинделя, рух подачі інструментів). Таку автоматизацію назвали механізацією. Можна сказати, що механізація - це автоматизація робочих ходів. Звідси випливає, що впровадження інформаційних систем передбачає механізацію.

Автоматизація першого рівня виключає участь людини при виконанні холостих ходів на окремо взятому обладнанні. Така автоматизація називається автоматизацією робочого циклу в серійному і поточному виробництві. На першому рівні автоматизації робочі машини ще не пов'язані між собою автоматичним зв'язком. Тому транспортування і контроль об'єкта виробництва виконуються за участю людини. На цьому рівні створюються і застосовуються верстати-автомати, напівавтомати і застосовується людська праця.

На другому рівні вирішуються завдання автоматизації транспортування, контролю об'єкта виробництва, видалення відходів і управління системами машин. В якості технологічного обладнання створюються і застосовуються автоматичні лінії, гнучкі виробничі системи (ГВС).

Автоматична лінія - це діюча система машин, яка встановлена в технологічній послідовності і об'єднана засобами транспортування, завантаження, контролю, управління і усунення відходів. Автоматична лінія складається з технологічного обладнання, яке компонується під певний вид транспорту і зв'язується з ним пристроями завантаження (маніпуляторами, лотками, підйомниками). Лінія включає крім робочих позицій і холості позиції, які необхідні для огляду і обслуговування лінії.

Третій рівень автоматизації полягає в комплексній автоматизації, де вона охоплює всі етапи і ланки виробничого процесу, починаючи від заготівельних процесів і закінчуючи випробуваннями і відправкою готових виробів.

Комплексная автоматизація пов'язана з високою технічною оснащеністю виробництва і великими капітальними витратами. Така автоматизація ефективна і популярно використовується в великих компаніях і на підприємствах, в яких випускаються якісні вироби.

Разом з тим, саме комплексная автоматизація дозволяє забезпечити розвиток виробництва в цілому, так як має найбільшу ефективність капітальних витрат. Щоб показати можливості такої автоматизації, розглянемо як приклад автоматичний завод з випуску автомобільних рам в США. При випуску до 10 000 рам на добу завод має штат в 160 чоловік, який в основному складається з інженерів і наладчиків. При роботі без застосування комплексної автоматизації для виконання тієї ж виробничої програми знадобилося б не менше 12 000 чоловік.

На третьому рівні автоматизації вирішуються такі завдання автоматизації, як: складування і міжцехове транспортування виробів з автоматичним адресуванням, переробки відходів і управління виробництвом на базі широкого застосування електронно-обчислювальних машин (ЕОМ).

2.5 Основні напрямки розвитку автоматизації виробництва

Технологічною основою автоматизації є теорія виробництва, яка була ще розроблена вченим Г.А. Шаумяном у 30-і роки. У його теорії продуктивності встановлюються зв'язки між технічними і економічними показниками автоматизації.

Можна зробити висновок, що на даний час розрізняють такі основні напрямки розвитку автоматизації виробництва, які в даний час можна сформулювати наступним чином:

1. Підвищення технологічності конструкції машин і їх агрегатів.
2. Створення технологічних процесів і обладнання з оптимальною концентрацією найпростіших операцій.
3. Широке застосування автоматичних (автоматизованих) ліній і гнучких виробничих систем, як основи автоматизації масового, серійного та дрібносерійного виробництва.
4. Автоматизація завантаження технологічного обладнання, транспортування і контролю об'єкта виробництва в технологічних процесах, а також усунення відходів.
5. Автоматизація управління технологічними та виробничими процесами.

Автоматизація виробничих процесів – це один з напрямків розвитку народного господарства. Пов'язано це з тим, що автоматизація виробництва відкриває необмежені можливості для продуктивності суспільної праці. Крім підвищення продуктивності праці вона полегшує і корінним чином змінює характер праці, робить його творчим, стирає різницю між розумовою і фізичною працею.

Механізація і автоматизація дозволяє підвищити якість продукції, безпеку і коефіцієнт використання устаткування, а в деяких випадках інтенсифікувати режим роботи обладнання.

Проблема автоматизації виробництва висуває також соціально-економічні питання. У сучасному суспільстві автоматизація виробництва - це засіб

одержання максимального прибутку і зняття боротьби з конкурентами. Ці та ряд інших позитивних факторів змушують звертати серйозну увагу на механізацію і автоматизацію.

Реальний економічний ефект, одержуваний в результаті механізації і автоматизації, багато в чому залежить від того, в яких конкретних умовах і для вирішення яких виробничих завдань використовуються засоби і методи механізації і автоматизації.

На механізацію і, особливо, автоматизацію машинобудівного виробництва необхідні значні капітальні витрати. Якщо об'єкт автоматизації обрано вдало, ці витрати окупаються швидко. У короткі терміни досягається висока економічна ефективність, а якщо йти по шляху «суцільної автоматизації», то замість економії можна отримати збитки. Тому кожен спеціаліст-інженер повинен мати чітке уявлення про технічні можливості засобів автоматизації і вміти правильно їх вибирати в кожному конкретному випадку з найбільшою ефективністю.

2.6 Засоби вимірювальної техніки та методи, які використовуються та вдосконалюються на машинобудівних підприємствах

Продукція машинобудівної промисловості (машини, верстати, прилади, інструменти і пристосування) складається з деталей різноманітних форм і розмірів. При виготовленні цих деталей використовують контрольно-вимірювальні інструменти. Процес вимірювання полягає у порівнянні вимірюваної величини з іншою однорідною величиною, яка є загальноприйнятою одиницею виміру.

Класифікація контрольно-вимірювальних приладів у машинобудуванні відбувається на підставі:

- роду вимірюваної величини;
- способу вимірювань;
- методу отримання інформації;

- форми надання даних.

Цифрові й аналогові пристрої використовуються для разового або регулярного вимірювання, і підрозділяються на універсальні і спеціалізовані засоби. Сучасні контрольно-вимірювальні прилади в машинобудуванні забезпечують високу точність показань, відрізняються швидкістю і розширеними технологічними можливостями.

Технічні засоби відповідають вимогам державного стандарту і легко адаптуються до будь-яких виробничих умов. Монтаж і захист пристроїв проводиться з використанням спеціальних аксесуарів, що збільшують термін служби приладів при інтенсивному використанні.

Також на машинобудівних підприємствах використовують і прості автоматизовані пристрої, такі як електронні мікрометри. Мікрометр є універсальним вимірювальним приладом, який призначається для отримання лінійних розмірів вимірюваної деталі. Незалежно від того, використовується відносний або абсолютний принцип вимірювання, всі вони виготовляються контактним методом. Сфера вимірювань практично у всіх приладів, що лежить в області відносно невеликих розмірів, так як сам мікрометр працює з високою точністю, аж до тисячних часток міліметра. Залежно від застосовуваної моделі похибка може становити від 2 до 50 мкм.

Конструкція електронних мікрометрів (рис. 2.3) складається з мікрометричної пари гвинт-гайка; цифрового відлікового пристрою, який визначає не тільки точність приладу, але і наявність безлічі функцій, яких немає у механічних мікрометрів; п'яти; барабана; скоби та трещотки. На цифровому дисплеї відображається значення отриманого результату вимірювання, одиниці виміру, у яких отриманий результат. При цьому так само відображається символ системи відліку - абсолютна або відносна.



Рис. 2.3 - Електронний мікрометр

Мікрометр не дарма став одним з найпоширеніших засобів для отримання надточних лінійних розмірів деталей (рис. 2.4). Завдяки своїм невеликим розмірам він легко переноситься і завжди може знаходитися під рукою. Як і інші механічні пристосування, при належному відході він зможе пропрацювати дуже тривалий термін експлуатації. Він легкий у повірці, яку бажано проводити перед кожним використанням.

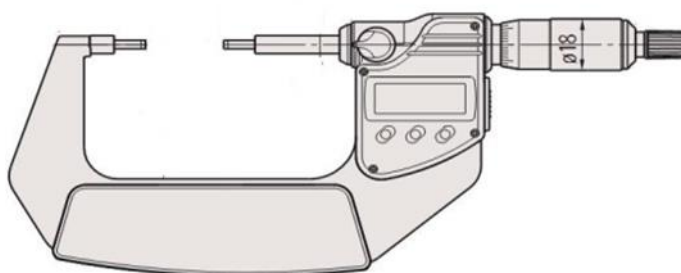


Рис. 2.4 – Пристрій електронного мікрометра

Деякі сучасні моделі можуть відразу підключатися до комп'ютера, щоб вносити туди дані про вимірювання, спрощуючи подальші розрахунки.

Складна конструкція і безліч деталей хоч і дозволять підвищити точність і зменшити похибку, але роблять їх практично не ремонтпригодними.

Штангенциркуль теж є дуже популярним вимірювальним інструментом. Пристрій штангенциркуля досить нескладне, тому користуватися ним може практично кожний без особливої попередньої підготовки (рис. 2.5). З його допомогою можна вимірювати як зовнішні, так і внутрішні розміри різних деталей, а також глибини отворів в них. Незважаючи на просту конструкцію, цей інструмент має різний клас точності і може давати показання з точністю від 0,1 до 0,01 мм.

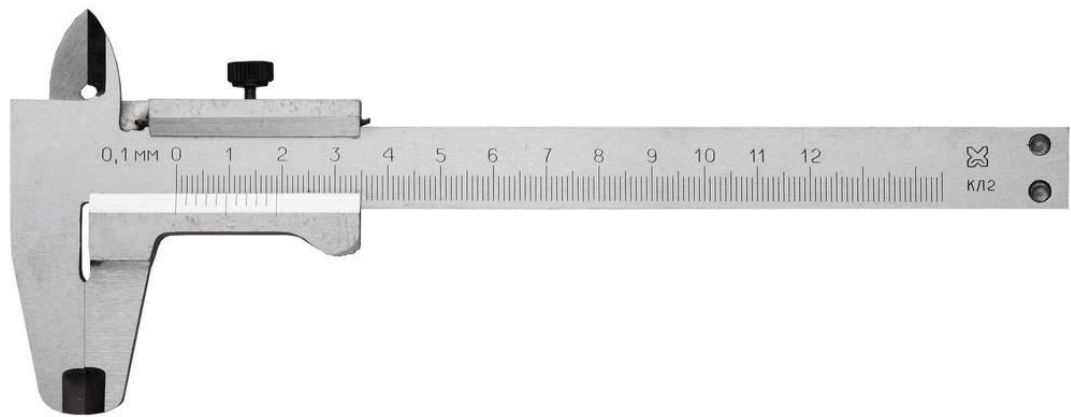


Рис. 2.5 - Загальний вигляд штангенциркуля

Завдяки пристрою, штангенциркуль по праву вважається одним з найбільш універсальних вимірювальних інструментів.

Інструмент складається з нерухомої основи і висувної арматури (рис. 2.6). Вони виготовлені з інструментальної сталі. До складу штангенциркуля входять наступні складові частини:

- основна стійка, на яку кріпиться вся рухома арматура. На ній знаходиться основна шкала;
- рухлива рамка, що має гвинтовий фіксатор, на ній знаходиться шкала ноніуса.

- губки для вимірювань зовнішніх поверхонь або великі губки. Одна з них закріплена на нерухомій штанзі, а інша – на рухомій рамці. На кінцях є вузькі поверхні, що дає додаткові можливості для вимірювання.

- губки для виміру внутрішніх поверхонь або малі губки. Розташовані за тим же принципом навпаки попередніх по центральній осі.

- лінійка для вимірювання глибин, яка закріплена до рухомої рамці.

Після отримання результату вимірювань положення інструменту рекомендується зафіксувати стопорним гвинтом, а вже потім знімати показання.

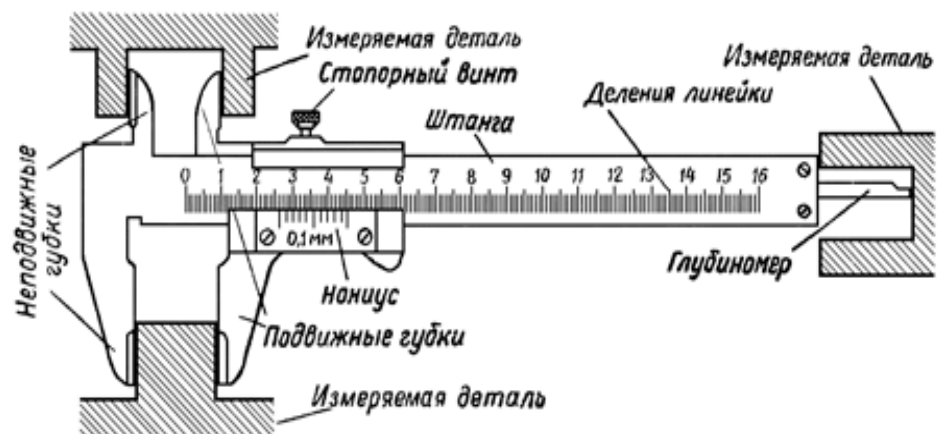


Рис. 2.6 – Пристрій штангенциркуля

Преваги штангенциркуля:

1) є компактним і зручним для використання інструментом. Наявність трьох видів кінцевих контролюючих заходів допомагає йому знайти застосування у великій кількості областей.

2) має досить високий клас точності, що корисно як у приватній, так і у виробничій сфері.

3) має фіксуючий механізм, що дозволяє зупинити свідчення у потрібному положенні.

Недоліки штангенциркуля:

- 1) має обмежений діапазон вимірювань, якого часом не вистачає для об'ємних деталей;
- 2) будь-які механічні пошкодження та деформації призводять до виникнення великих похибок і приведення інструменту в непридатність;
- 3) точність вимірювання чутлива до температурного впливу, завдяки властивостям металу, з якого виготовлений штангенциркуль.

У промисловості перші автоматичні пристрої стали використовуватися в XVIII ст., наприклад, автоматичний супорт А.К. Нестерова для токарно-копіювальних станків (1720 р.); плавунові регулювальник рівня води в казані І.І. Ползунова (1765 р.); відцентровий регулювальник Дж. Уатта.

XIX вік ознаменований появою автоматичних пристроїв, діючих завдяки електриці і магнітоелектричному реле П. Шиллінга (1830 р.). Список цей довгий і плавно переходить у вік XX, коли всемогутня електроніка дозволила створити принципово нові електронні автоматичні пристрої.

Уперше слово «робот» прозвучало в 1920 р. у знаменитій п'єсі чеського письменника Карела Чапека «R.U.R.». Сьогодні існують три різновиди роботів: з програмою дії, керовані операторами і діючі цілеспрямовано без втручання людини.

Широке застосування роботів з жорсткою програмою дії і роботів, керованих операторами знайшли своє застосування в машинобудуванні, виробництві електроніки і інших виробництвах з використанням різного роду конвеєрного виробництва.

На машинобудівних підприємствах виробляють і випускають автомобілі, електровимірювальні прилади, предмети побуту та багато іншого. Вся ця перерахована продукція вимагає безперервного і точного виробництва, що не завжди є досяжним для робочої людини на підприємствах. У зв'язку з цим на деяких підприємствах важку фізичну роботу виконують автоматизовані і механізовані пристрої.

Наприклад, такі автоматизовані механізми, як маніпулятори. Це програмно керовані пристрої, які використовуються при виконанні дій,

аналогічних завданням людини: переміщення масивних вантажів, точне зварювання, фарбування та сортування продукції [8].

Широко застосовуються маніпулятори для зварювання в Японії і США. Маніпулятор для зварювання (рис. 2.7) представляє собою пристрій з механічною ручкою, яка є основним робочим органом при автоматичному зварюванні.

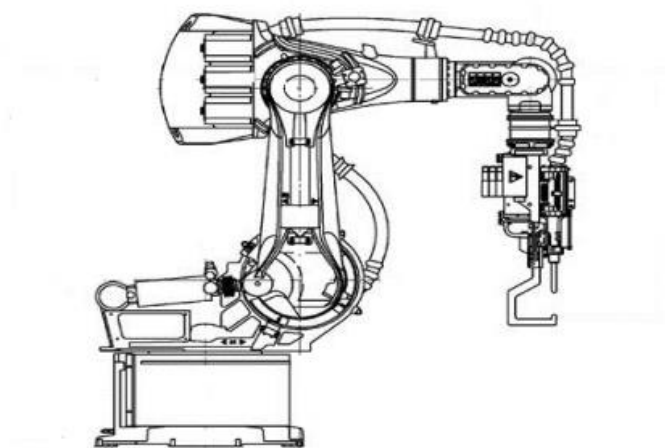


Рис. 2.7 – Схема маніпулятора для зварювання.

Зварювальні маніпулятори являють собою комплекс передових технологій та комплектуючих деталей, запрограмованих на виконання дугової та точкової зварювання об'єктів. Маніпулятори служать для зварювання ємностей, кранів, балок і цистерн. Пристрої виробляють зварювання стикових і кутових швів, зварювання прямолінійних і кільцевих швів та інші роботи, що потребують точності. Переваги автоматизованого зварювання очевидні: маніпулятори забезпечують високу якість зварювання та ідентичність готової продукції; знижують брак при обробці деталей; збільшують швидкість виробництва. Впровадження зварювальних роботів у виробництво дозволяє підприємствам скоротити час виготовлення продукції, включаючи збір у зварювальному кондукторі і процес зварювання з 30 до 7 хвилин.

При виборі постачальників зварювального обладнання слід брати до уваги, компанії виробники, котрих можуть дати гарантії якості своїх пристроїв. Найбільш кваліфікованими фахівцями в області автоматизованого зварювання є компанії KUKA і Kawasaki - ці пристрої дійсно надійні, ефективні та легкі в експлуатації.

Найважливішим інструментом для автоматичного складання продукції на підприємствах є складальні роботи-маніпулятори. По своїй конструкції ці пристрої не суттєво відрізняються від зварювальних роботів. Робочий інструмент маніпулятора може бути яким завгодно. Але зазвичай він являє собою пристосування для захоплення або вимірювальний пристрій. Останнє необхідно для виміру розмірів деталі для подальшого сортування.

Складальні роботи-маніпулятори компаній Irobot, KUKA і VEX знайшли широке застосування у вирішенні найрізноманітніших завдань. Вони часто використовуються в небезпечних для людини обставин. Наприклад, у високоточному машинобудуванні та при виробництві електротехніки і електроніки, а також в автомобілебудуванні.

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ В ГАЛУЗЯХ МАШИНОБУДУВАННЯ

В машинобудівних підприємствах вимоги до точності, надійності та якості вимірювань безупинно змінюються, налагоджуються і підвищуються. З цим зростає роль і використання засобів вимірювальної техніки, точність у яких має бути вище, ніж допустима похибка вимірювань.

У відповідності з цими тенденціями в останні роки спостерігається стрімкий розвиток конструкцій і технічних можливостей координатно-вимірювальних машин (КВМ), які підвищують якість готової продукції.

Машина може управлятися вручну оператором або автоматизовано комп'ютером. Вимірювання проводяться за допомогою сенсора, прикріпленого до рухомої осі машини.

3.1 Метрологічні та технічні характеристики координатно-вимірювальної машини

Координатно-вимірювальна машина типу Wenzel XOrbit 55 призначена для вимірювання лінійних та кутових розмірів, відхилень форми і розташування поверхонь деталей різної геометричної форми, які використовуються в різних галузях машинобудування. Робота машини заснована на координатних вимірах, тобто почерговому вимірюванні координат деякого числа точок на поверхні деталі і подальшої їх математичної обробки для визначення похибок нормованих геометричних параметрів [14].

Точність, надійність та швидкість вимірювань, простота в використанні, якість виміру, адаптованість до умов виробництва, встановлення порталного типу – це конкретні вимоги до координатно-вимірювальних машин.

Найважливішими вимогами, що пред'являються до технічних вимірювань і характеристик, є єдність і точність вимірювань.

Єдність – це такий стан вимірювань, при якому їх результати виражені в узаконених одиницях і похибки вимірювань відомі із заданою ймовірністю. Єдність вимірювань в машинобудуванні забезпечує взаємозамінність виробів, наприклад деталей, виготовлених по одному кресленню.

Точність – це якість вимірювань, яке відображає близькість їх результатів до дійсного значення вимірюваної величини.

Технічні характеристики координатно-вимірювальної машини типу Wenzel XOrbit 55:

- межі вимірювання по осях (вісь X – 500 мм, вісь Y – 700 мм, вісь Z – 500 мм);
- маса машини (1250 кг);
- допустима маса деталі (300 кг);
- діапазон робочих температур (15-30 °С);
- розміри робочої поверхні стола (800×1500 мм).

3.2 Конструкція та побудова машини

Серію XOrbit відрізняє простота використання, швидкодія і надійність результатів [6].

Координатно-вимірювальних машин можна згрупувати за такими типами виконання, як:

- стійкові;
- порталні;
- шарнірно-зчленовані типу «рука»;
- шести осьові на основі платформи Стюарта;
- фото та рентгенографічні.

Прикладом порталної координатно-вимірювальної машини з рухомим порталом є машина моделі Wenzel XOrbit 55 (виробництво Німеччина).

Призначення цієї машини:

- вимірювання лінійних та кутових розмірів,

- вимірювання відхилень форми і розташування поверхонь деталей різної геометричної форми;
- вимірювання розмірів деталей малих і середніх габаритів.

Принцип роботи машини полягає в координатних вимірах заданого числа точок у визначених місцях поверхні деталі. Результати вимірів математично обробляються і визначається похибка деталі. Основним блоком координатно-виміральної машини є прямокутний масивний стіл, виготовлений з шліфованого природного граніту. Стіл закріплений на сталевій зварній станині. На станині передбачені регулювальні гвинти для вирівнювання робочої поверхні столу. Між станиною та столом розміщені спеціальні еластомірні демпфери, які служать для зменшення впливу вібрацій. На столі також знаходяться дві аеростатичні напрямні, які виконані за одне ціле зі столом та за яким і переміщається портал. Портал складається з двох стійок, з'єднаних між собою призматичної поперечкою (рис. 3.1).

Одна з направляючих, що має форму призми, є основною і закрита кожухом, що захищає її від зовнішніх впливів. Друга напрямна є допоміжною. Переміщається по напрямних портал (вісь Y), що представляє собою дві литі пустотілі стійки, зв'язані між собою гранітною поперечкою. В одній стійці змонтований сервопривід і два комплекти з трьох аеростатичних опор, що підтримують стійку при її переміщенні. Друга стійка підтримується однією аеростатичних опорою. Уздовж поперечки переміщуються ползки (вісь X), щодо яких переміщається гранітна піноль (вісь Z). Для того щоб запобігти заклинюванню пінолі, використовується пневматичний пневмоциліндр з високоточним регулятором тиску. Пневмоциліндр і сервоприводи закриті захисним металевим кожухом, установленим на ползках машини. Щоб уникнути поломки машини при переміщенні її рухомих вузлів, використовуються кінцеві вимикачі, які і обмежують величини цих переміщень. Плавний хід цих елементів при переміщенні забезпечується сервоприводами і аеростатичними напрямними.

Переміщається по напрямних портал (вісь Y), що представляє собою дві литі пустотілі стійки, зв'язані між собою гранітної поперечиною.

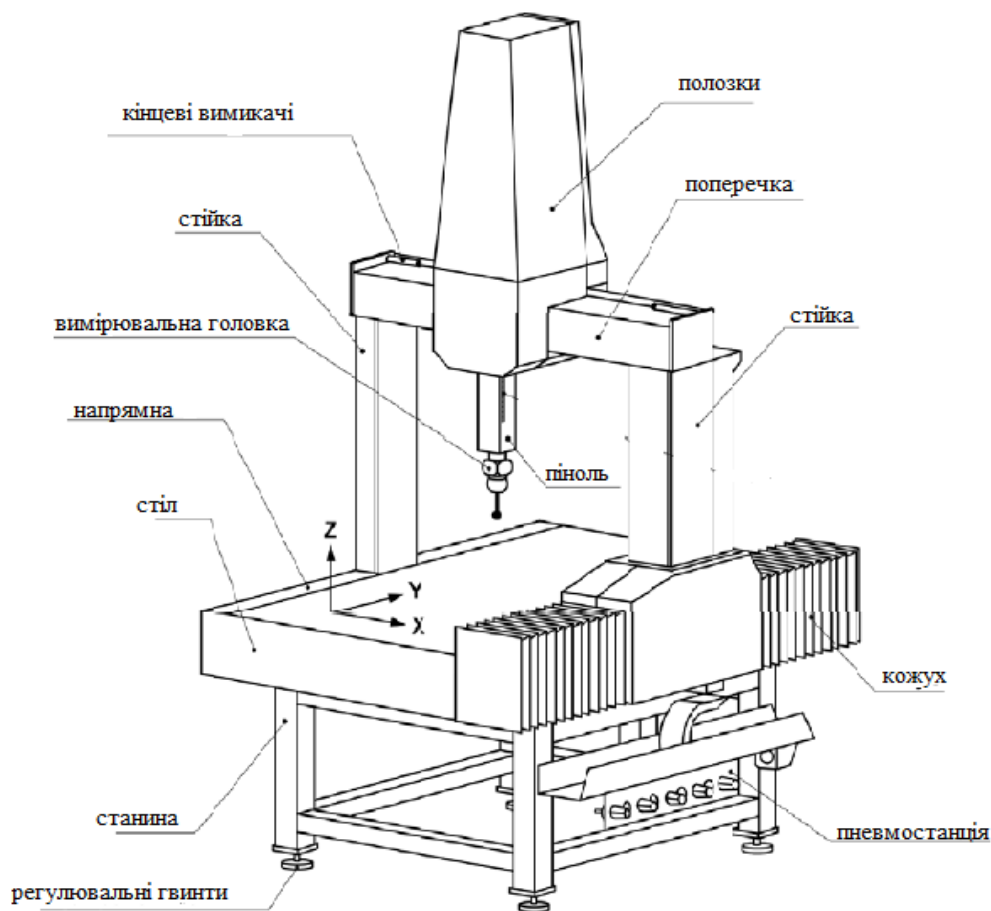


Рис. 3.1 – Конструкція координатно-вимірвальної машини Wenzel XOrbit 55

На пінолі знаходиться вимірвальна система, яка складається з вимірвальної головки і тактильного датчика з чутливим елементом у вигляді щупа. Головка має можливість повороту в двох координатних площинах машини, а саме в площині XOY і YOZ. Датчик утримується за допомогою постійного магніту.

Відповідний інтерфейс забезпечує електроживлення датчика і його зв'язок з іншими компонентами вимірвальної системи і блоком керування машини. На станині змонтована пневмостанція, яка забезпечує нормальну

працю направляючих. Вона складається з головного розподільного клапана, контролера тиску, а також системи очищення та підтримання постійного тиску стисненого повітря. Ця система, в свою чергу, складається з двох фільтрів грубої і тонкої очистки, запобіжного клапана і манометра.



Рис. 3.2 – Загальний вид координатно-вимірювальної машини типа Wenzel XOrbit 55

Для управління машиною використовується спеціальний контролер, який переміщає вузла машини як вручну з використанням клавіші на пульті управління, так і в автоматичному програмному режимі. Контролер з'єднаний з комп'ютером, оснащеним відповідним програмним забезпеченням Metrosoft Quartis, яке служить для візуалізації, обробки, зберігання і виведення на друк результатів вимірювань.

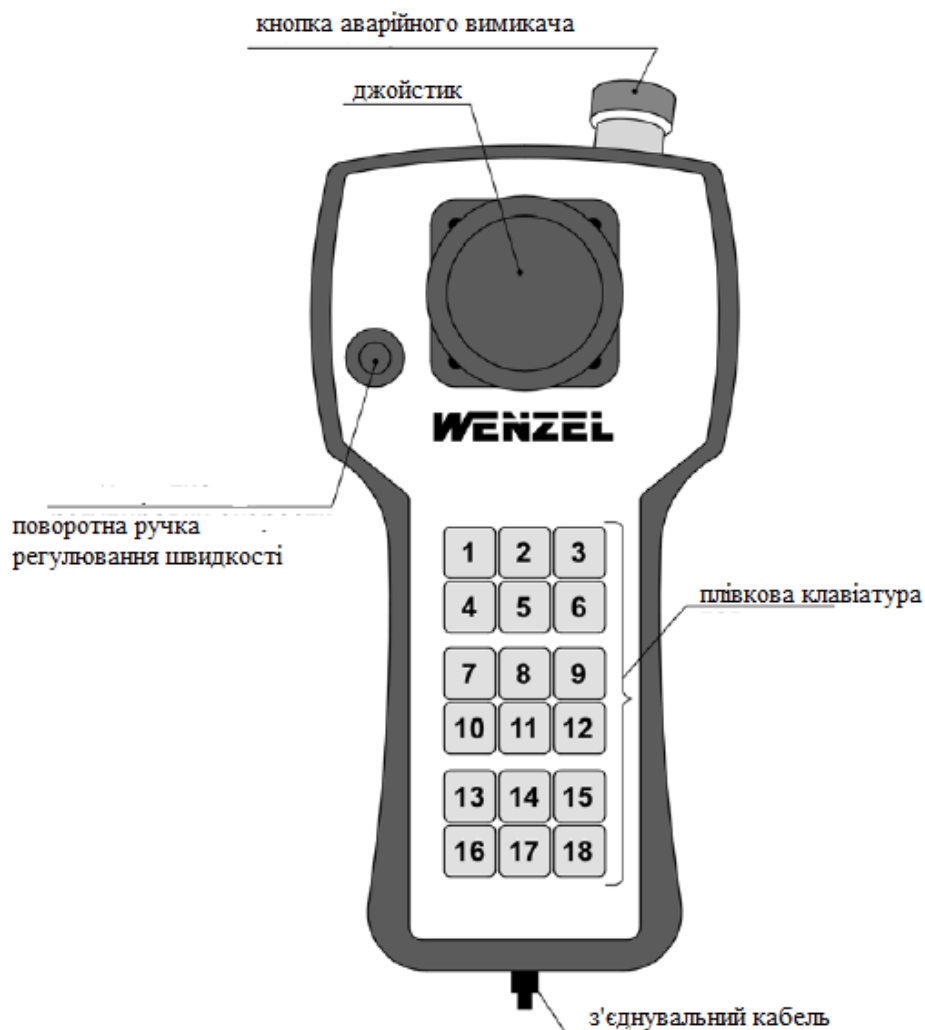


Рис. 3.4 – Пульт керування НТ 400

Основні елементи управління доступні на пульті, представлені: кнопкою аварійного вимикання, джойстиком, поворотною ручкою регулювання швидкості та плівковою клавіатурою.

Кнопка аварійного вимикання служить для вимикання приводів робочих органів машини по осях в аварійних ситуаціях. При її натисканні всі переміщення негайно зупиняються, і живляча напруга сервоприводів відключається.

Аварійний вимикач діє також і під час виконання числової програми керування (ЧПК).

Джойстик, в залежності від включеного режиму роботи, може виконувати наступні функції:

- переміщати робочі органи машини з активним вісями координат;
- переміщати курсор на моніторі у вікні Microsoft Quartis.

При використанні клавіші для переміщення органів машини його відхилення вгору (відповідно з рис 3.5) призводить до переміщення порталу в позитивному напрямку осі Y, відхилення вправо – переміщення ползочки в позитивному напрямку осі X, обертання за годинниковою стрілкою – до переміщення пінолі в негативному напрямку осі Z.

Поворотна ручка регулювання швидкості дозволяє змінювати можливу швидкість переміщення робочих органів від 0 (крайнє ліве положення) до 100 % (крайнє праве положення).

Клавіатура містить 18 клавіш, які позначені порядковими номерами і кожна з них виконує певну функцію.

Клавіша 1 дублює ліву кнопку миші (навіть при включення управління переміщенням органів машини по осях).

Клавіша 2 дублює праву кнопку миші.

Клавіша 3 являє собою сенсорний перемикач, за допомогою якого можна змінювати орієнтацію пульта управління щодо трикоординатної вимірювальної машини в залежності від місця знаходження оператора.

При кожному натисканні на перемикач напрямок орієнтації змінюється на 90° за годинниковою стрілкою. Індикація поточного положення пульта керування щодо машини здійснюється за допомогою чотирьох світлодіодів в кутах клавіші (рис. 3.5).

Клавіші 4 і 6 призначені для включення/вимикання управління робочими органами по осях. При включеному управлінні осей (горить світлодіод JOY) можна активувати і деактивувати окремі осі за допомогою клавіші активації (X, Y або Z).

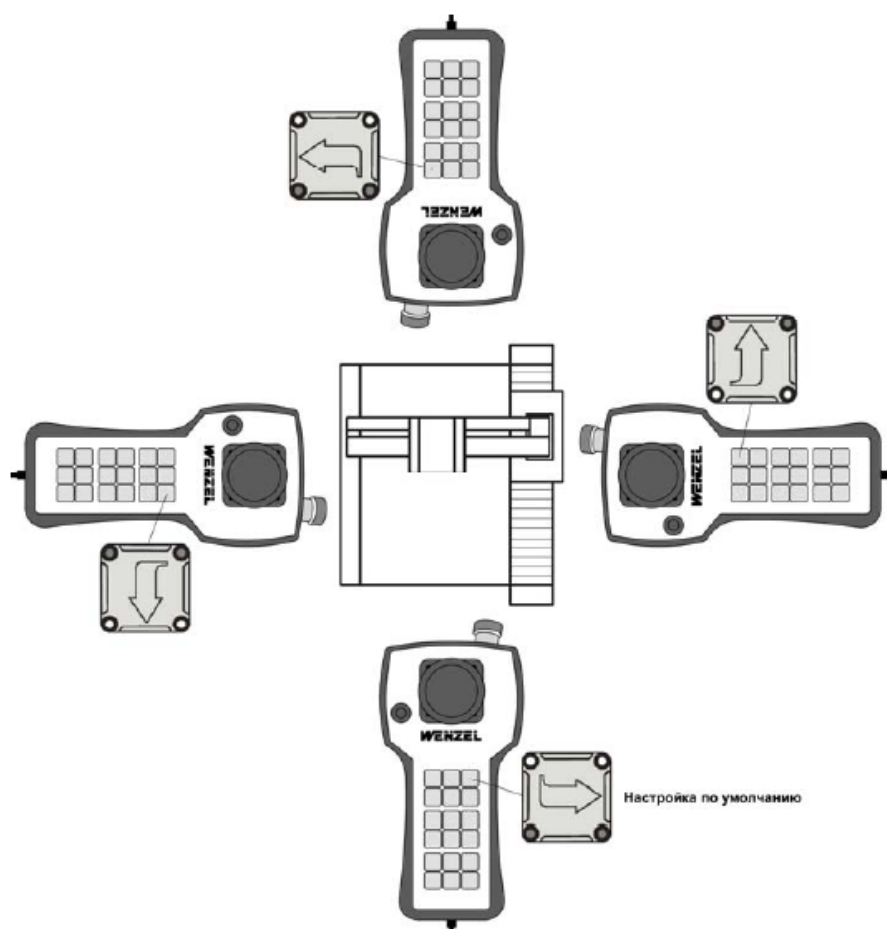


Рис. 3.5 – Орієнтація пульта керування та індикатор орієнтації

Клавіша 5 є клавішою перемикання регістра (клавіша Shift). При одночасному натисканні з нею якоїсь функціональної клавіші пульта включається альтернативна функція цієї клавіші. Крім того, використання поєднання цієї клавіші з однієї з клавіш активації осей (X, Y або Z).

Клавіші 7, 8 і 9 служать для активації або деактивації осей X, Y і Z відповідно. Коли вісь знаходиться в активному стані, у верхньому правому куті відповідної клавіші горить жовтогарячий світлодіод, погашений в її неактивному стані. При неактивній осі переміщення робочого органу машини з цієї осі неможливо.

Клавіша 10 використовується для перемикання швидкості переміщення робочих органів (швидко/повільно).

Клавіша 11 вмикає напругу сервоприводів машини.

Клавіша 12 активує вісь машини при наявності додаткової опції у вигляді поворотного столу.

Клавіші 13-18 виконують функції, залежні від використовуваного програмного забезпечення системи вимірювань. З допомогою цих клавіш можна активувати функції, які попередньо призначені їм у програмному забезпеченні.

3.4 Режим вмикання та порядок роботи координатно-вимірювальної машини

Вмикання координатно-вимірювальної машини необхідно здійснювати в наступній послідовності:

- 1) включити компресор, який подає стиснене повітря в пневмосистему машини;
- 2) за показниками манометра системи очищення та підтримання постійного тиску проконтролювати величину тиску в системі, яка має бути не менше 0,65 МПа. При необхідності відрегулювати тиск у системі за допомогою запобіжного клапана;
- 3) включити блок управління машини шляхом натискання перемикача на контролері;
- 4) включити вимірювальну систему машини;
- 5) включити комп'ютер і завантажити на ньому необхідне програмне забезпечення машини.

Вимкнення машини по завершенню роботи здійснюється в зворотній послідовності.

3.5 Принципи координатних вимірювань

Принципова основа координатного методу вимірювання полягає в тому, що будь-яку поверхню або профіль можна уявити, що вона складається з

нескінченного числа окремих точок, тобто визначено їх координати та за відповідними формулами можна розрахувати розміри цих поверхонь і відхилення форми, а також визначити розташування поверхонь в просторі і між собою (координатні розміри і відхилення розташування).

Можна виділити два взаємопов'язаних технічних комплексу, необхідних для виконання координатних вимірювань, які впливають на їх точність:

1. Апаратна частина – це комплекс обладнання (механічні вузли, електронні компоненти, програмне забезпечення нижчого рівня), вимірювальних пристроїв, калібрувальної і допоміжної оснастки, які забезпечують отримання масивів значень координат окремих точок, що належать контрольованим поверхонь деталі. У машинобудуванні широко використовують координатно-вимірювальні машини різних типів з контактними або оптичними голівками, а також контактні і лазерні вимірювальні головки для вирішення технологічних завдань при обробці на верстатах. Якість проектних рішень, точність виготовлення та складання вимірювального обладнання безпосередньо впливає на величину похибки визначення координат контрольних точок.

2. Програмно-методична частина – це, насамперед, базовий комплекс інформаційно-методичних матеріалів (стандарти, технічні умови, експлуатаційна документація, методики виконання вимірювань), інтелектуальних ресурсів (рівень підготовки, практичний досвід і навички інженерів-метрологів та операторів), математичних моделей та алгоритмів для управління вимірювальним устаткуванням, аналізу вимірних даних і розрахунку заданих лінійно-кутових параметрів.

3.6 Повірка КВМ

Повірка машини за ДСТУ 2708:2006 або калібрування за ДСТУ ISO / ІЕС 17025: 2006 повинно производитися згідно методики повірки (калібрування).

Для проведення повірки необхідні такі засоби вимірювань і допоміжне обладнання, як:

- атестована сфера діаметром 30-32 мм ;
- пристрій з кінцевими мірами довжини;
- зразкова кінцева міра довжини;
- міра для контролю стану метрологічного координатно-вимірювальної машини;
- типова деталь;
- стійка і пристосування для кріплення сфери;
- набір вимірювальних щупів.

При операціях повірки також використовуються програми для проведення операцій повірки в автоматичному режимі.

Міжповірочний інтервал координатно-вимірювальних машин становить 1 рік.

3.7 Забезпечення точності і надійності вимірювань на координатно-вимірювальної машини типу Wenzel XOrbit 55

Підвищення точності, достовірності і надійності координатних вимірювань заданих розмірів, відхилень форми і розташування поверхонь контрольованих деталей і інструментів в основному забезпечується за рахунок використання координатно-вимірювальної машини з мінімально можливою нормованою похибкою визначення координат контрольних точок, а також за рахунок правильного вибору стратегії вимірювань, адекватності застосовуваних математичних моделей і точності розрахункових алгоритмів.

Забезпечення необхідної точності апаратної частини випущених приладів та вимірювальних систем досягається, як за рахунок якості виготовлення і збірки, так і за допомогою розроблених процедур калібрування робочого простору.

Отримані значення систематичної похибки в досліджуваних точках робочого простору при лінійних і кутових рухах вузлів приладу інтерполюються на весь діапазон переміщень і використовуються для внесення поправок у величину вимірюваних координат точок.

Крім того, для зменшення впливу методичних і розрахункових похибок на точність координатних вимірювань проводяться дослідження, розробляються нові алгоритми та програмні модулі, що забезпечують проектування оптимальних стратегій вимірювання і розрахунок геометричних (лінійно-кутових) параметрів типових деталей і інструментів.

3.8 Принцип роботи програмного забезпечення METROSOFT QUARTIS

Стандартно пропоноване програмне забезпечення Metrosoft Quartis для проведення вимірювань, є єдиним для координатно-вимірювальних машин, виконане на базі Microsoft Office Fluent User interface.

«Віконна» архітектура інтерфейсу дозволяє швидко перемикатися між різними модулями. Результати вимірювань можливо зберігати в корпоративній базі даних.

Програмне забезпечення Metrosoft Quartis розроблено одним з кращих виробників програм з використанням досвіду, накопиченого десятиліттями. Підсумковий продукт з спрощеним набором функцій і модернізованою конфігурацією екрану відрізняється зручністю в експлуатації, робоча область орієнтована на результат і дозволяє користувачеві повністю сконцентруватися на даних вимірів і статистичних звітах, які генеруються ще швидше і легше.

Для безпосередньої обробки, аналізу, візуалізації та зберігання результатів вимірювання на координатно-вимірювальній машині Wenzel XOrbit 55 служить спеціалізоване програмне забезпечення Metrosoft Quartis.

Основними елементами призначеного для користувача інтерфейсу програми (рис. 3.6) є:

- робочий простір;
- кнопка Microsoft;
- стрічка;
- панель інструментів швидкого доступу;
- вікно елементів;
- вікно стану.

Розглянемо детально кожне з них.

Робочий простір (рис. 3.6) являє собою графічне вікно, яке розташоване в центрі головного вікна програми і займає більшу частину його площі. Основним призначенням робочого простору є візуалізація віртуальних моделей машини, вимірюваної деталі і різних форм графічного представлення результатів вимірювань [9].

Для того, щоб змінити задане розташування вікон, слід клацнути правою кнопкою миші у вільному місці робочого простору і на контекстному меню вимкнути функцію «Fix window». Після цього можна налаштовувати інтерфейс користувача у відповідності зі своїми вимогами.

В залежності від уподобань користувача одночасно можуть бути відображено кілька робочих вікон. Для збереження заданого розташування вікна слід активувати функцію «Fix window».

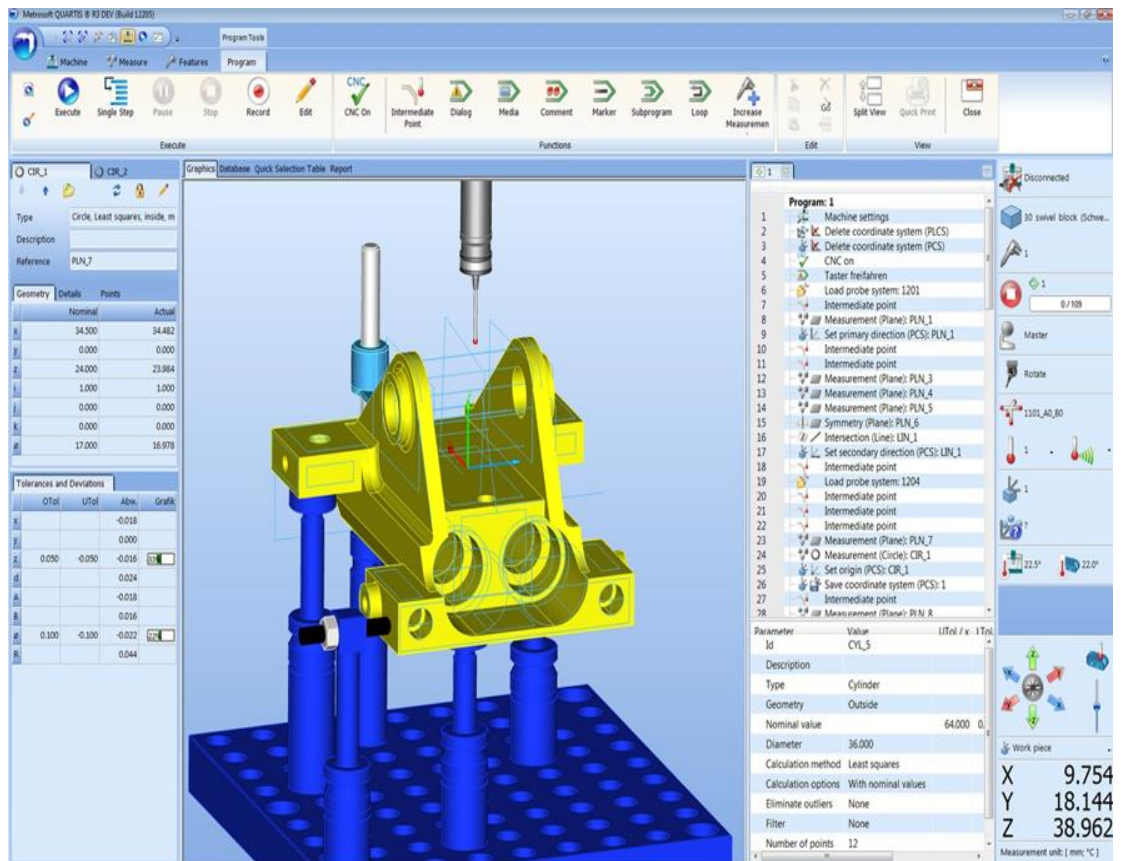


Рис 3.6 – Інтерфейс програмного забезпечення

Кнопка *Metrosoft* – це єдина точка входу в додаток Metrosoft Quartis. Вона слугує для зміни налаштувань і управління файлами. При натисканні на цю кнопку з'являється меню, що дозволяє отримати доступ до всіх функцій програми. Тут можуть бути запущені основні команди, які призначені для створення, відкриття, збереження, імпорту та експорту базових даних, таких як: результати вимірювань, програми вимірювань, звіти, САД-моделі, таблиці швидкого вибору та інші дані, що потребують централізованого доступу (рис. 3.7).

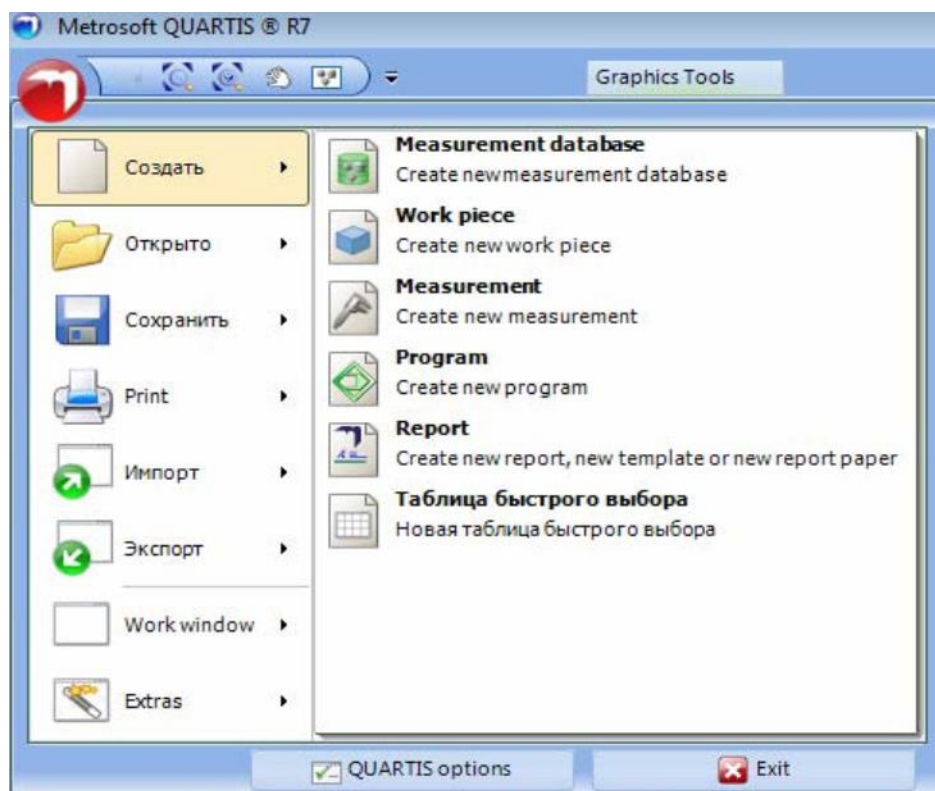


Рис. 3.7 – Меню кнопки Metrosoft

Також ця кнопка дозволяє керувати відображенням різних робочих вікон, які необхідні для вирішення вимірювань задач та для змінювання базових налаштувань програми («QUARTIS options»).

Стрічка інтерфейсу призначена для швидкого запуску команд, які найбільш часто використовуються в процесі вирішення вимірювальної задачі. Вона містить п'ять вкладок: «Machine», «Measure», «Features», «Display» і «Edit». Вкладка «Machine» містить програмні інструменти і керує різними функціями машини, налаштуваннями вимірювальних щупів, еталонної сфери, вимірювальної головки і системою зміни вимірювального щупа. Ці інструменти згруповані в п'ять секцій, які наведені на рис. 3.8.

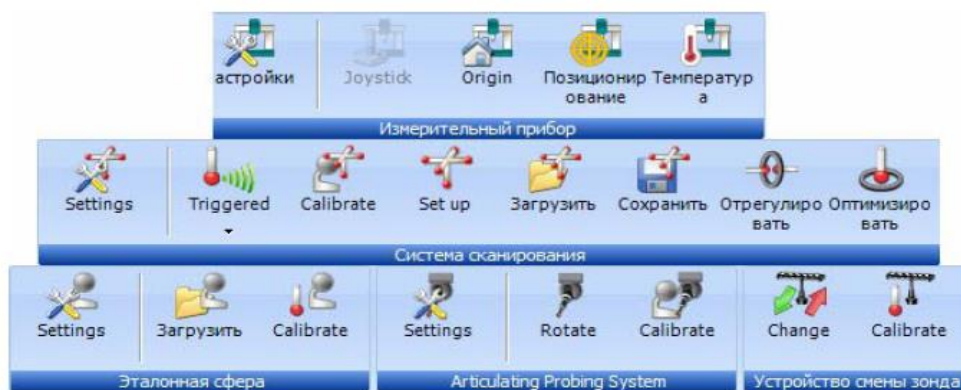


Рис. 3.8 – Секції вкладки «Machine»

Наступна вкладка «Measure», призначена для доступу до функцій вимірювання, побудови та перетворення вимірюваних елементів, а також роботи з системами координат деталі, яка складається з трьох секцій («Вимірювання», «Побудови» і «Вирівнювання»), наведених на рис. 3.9.

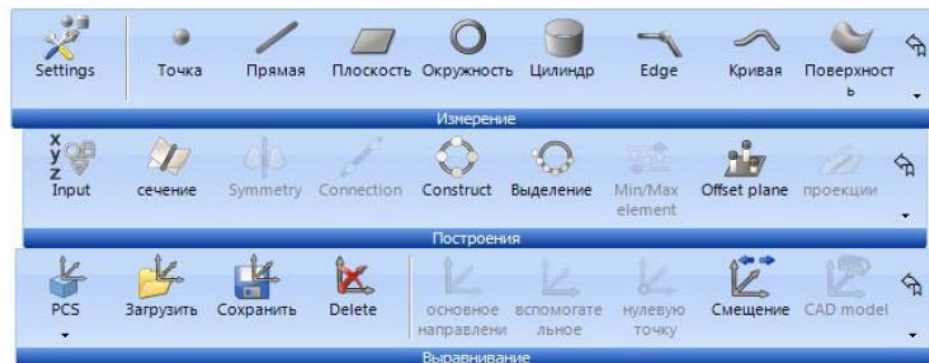


Рис. 3.9 – Секції вкладки «Measure»

Секція «Вимірювання» містить кнопки виклику команд таких як «точка», «пряма», «площина», які призначені для безпосереднього вимірювання відповідних геометричних елементів. У секції «Побудови» містяться кнопки для виклику команд, за допомогою яких виробляються різні перетворення існуючих геометричних елементів (побудова ліній перетину, проєкцій тощо). Секція «Вирівнювання» призначена для запуску команд керуючих системою

координат віртуальної CAD-моделі і дозволяють вирівнювати її відносно системи координат реальної деталі.

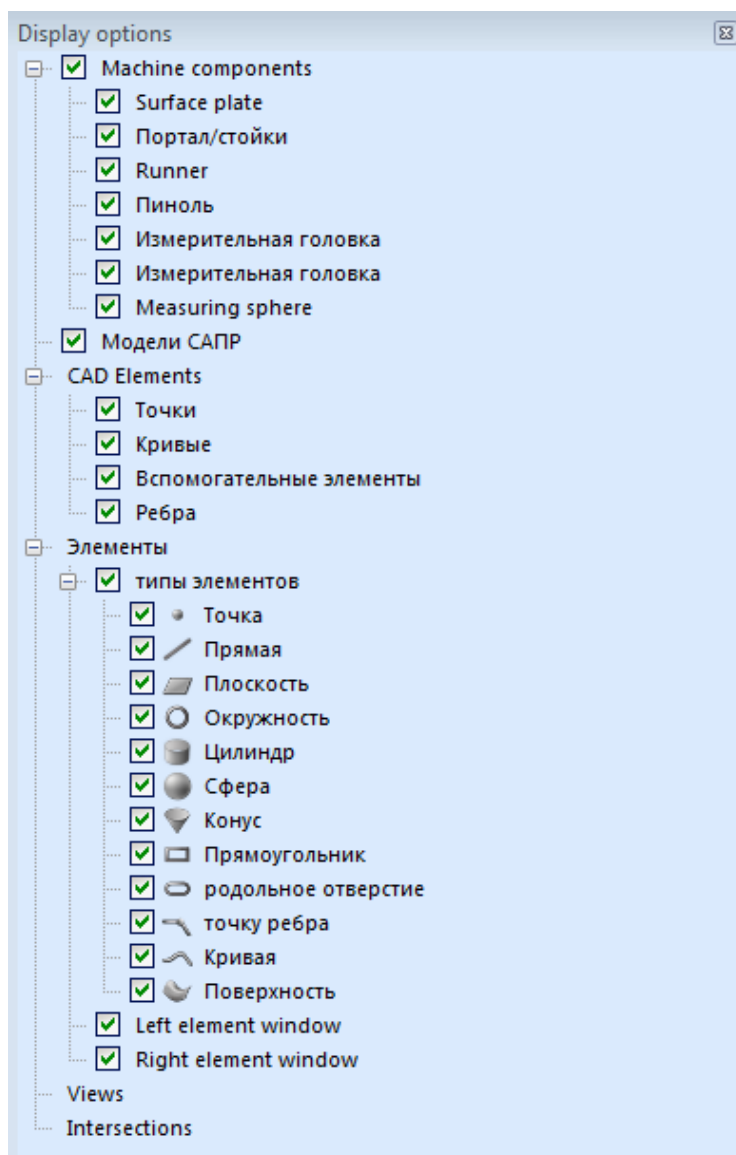


Рис. 3.10 – Меню налаштування параметрів відображення робочого простору

Вікно елементів (рис. 4.6) є важливою частиною інтерфейсу програми. У ньому відображається вся інформація, що відноситься до вимірюваного об'єкту. Крім номінальних і фактичних значень тут також відображаються характеристики з допусками і відхиленнями вибраного елемента.

Крім цього наводяться відомості про окремих точках торкання і надається статистична інформація.

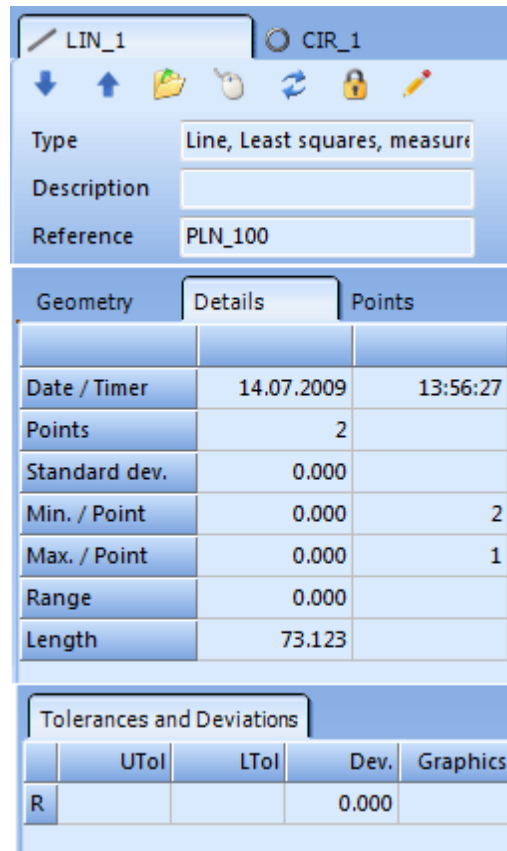


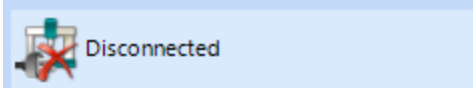
Рис. 3.11 – Вікно елементів

Для управління елементами в цьому вікні передбачені наступні програмні інструменти:

- кнопки вибору попереднього і наступного геометричного елемента з бази даних поточного вимірювання;
- кнопка завантаження елемента у вікно елементів;
- кнопка вибору елемента в ручному режимі за допомогою миші;
- кнопка зміни елементів в лівій і правій вкладках вікна елементів;
- кнопка фіксації елемента, вибраного у вікні елементів;
- кнопка виклику функції редагування елемента.

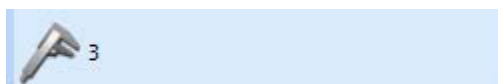
При цьому, якщо вимірні елементи були створені з використанням опцій функції Features, то у вікні елементів будуть відображатися також допуски форми і відхилення.

Вікно стану Metrosoft Quartis служить для відображення стану всіх базових параметрів поточного вимірювання. У ньому доступні наступні

параметри:  - індикатор режиму з'єднання комп'ютера з машиною;



- найменування поточної робочої деталі;



- найменування поточного вимірювання;



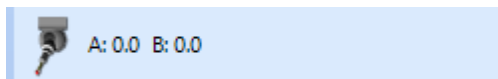
- найменування активної робочої

програми ЧПК для вимірювання;



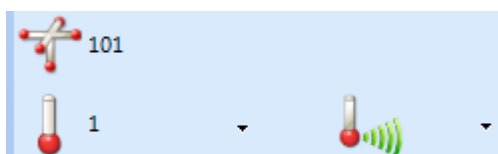
- найменування завантаженої еталонної

сфери;



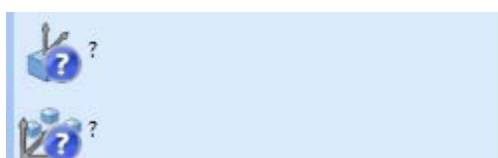
- параметри поточної орієнтації

вимірювальної головки;



- обрана конфігурація вимірювальної

системи і орієнтація вимірювального щупа;



- найменування завантаженої системи

координат деталі і палети;



- симулятор управління машиною в автономному (off-line) режимі роботи програми;



- активна система координат і положення вимірювального щупа, щодо цієї системи.

При виборі системи координат слід враховувати, що в Metrossoft Quartis можна керувати наступними чотирма координатними системами.

Початок відліку координатної системи машини («Machine») розташована на початку лінійних енкдерів, встановлених по кожній осі. У це положення автоматично виходить машина після включення контролера. Дана процедура називається ініціалізацією або виходом машини у вихідне положення.

Еталонна координатна система («Reference»). Початок відліку цієї системи відповідає центру вихідної еталонної сфери (першої еталонної сфери, створеної під час приймальних випробувань машини). Напрямки осей еталонної координатної системи ідентичні координатної системи машини, тобто осях машини.

Вихідне положення компенсації похибки розташоване в еталонній вихідній точці, також створеної під час приймальних випробувань машини.

Координатна система («Pallet»). Вона може бути створена з використанням вимірних або побудованих елементів. Напрямок осей її координат залежить від напрямків елементів. Координатна система палет може перезавантажуватися незалежно від вимірювання або вимірюваної деталі, так як вона зберігається в системних даних.

Координатна система деталі («Work piece»). Дана система так само створюється на основі вимірних або побудованих елементів, але може бути використана тільки у вимірі, яка містить елементи, задіяні для її створення.

Результати калібрування в значній мірі залежать від компонентів використовуваної вимірної системи, тому для отримання адекватних результатів перед проведенням калібрування необхідно сформувати віртуальну конфігурацію вимірної системи, що відповідає її реальній конфігурації.

РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАЗЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МАШИНОБУДУВАННІ

На даний момент широке розповсюдження в різних галузях машинобудування отримали лазерні технології.

Освоєння лазерних методів і технологій значно підвищують ефективність сучасного виробництва. Вони дозволяють здійснювати найбільш повну автоматизацію виробничих процесів. Відразу при цьому економиться сировина і робочий час; підвищується якість продукції. Наприклад, практично миттєва пробивання отворів лазерним випромінюванням у багато разів збільшує продуктивність роботи свердлувальника і до того ж істотно підвищує якість цієї роботи. Лазерне виготовлення мікросхем відрізняється високою продуктивністю і високою якістю. В обох прикладах виробничі операції легко піддаються автоматизації; управління лазерним променем може взяти на себе спеціальний обчислювальний пристрій. Можна впевнено стверджувати, що впровадження і вдосконалення лазерних технологій призведе до якісного випуску в виробництвах.

4.1 Лазерне зварювання

Найважливішим напрямком застосування лазерів в машинобудуванні є лазерне зварювання. Цей спосіб відкрив нові перспективи в з'єднанні металу. На даний момент вже немає таких витрат виробництва, як при класичному зварюванні. У минулому майже все залежало від майстерності зварника і його практичних навичок, сьогодні ці процеси стали автоматизовані. При лазерному зварюванні відсутні товсті шви, які з'являються в старих видах зварювання [10].

Лазерне зварювання – це зварювання з використанням лазера в якості енергетичного джерела (рис. 4.1).

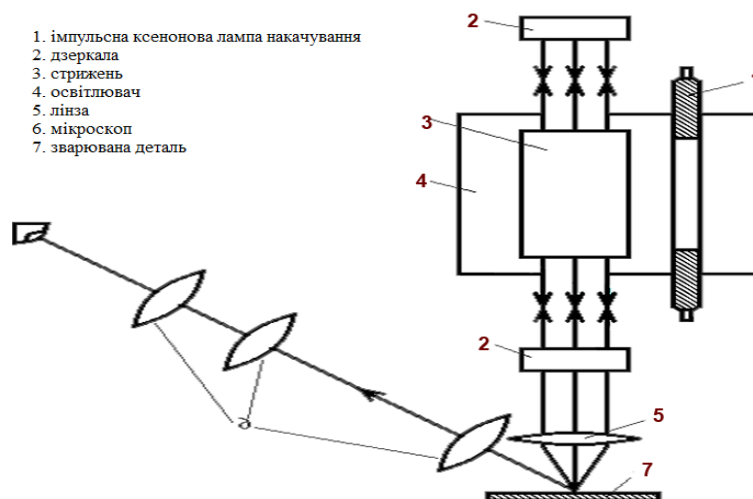


Рис. 4.1 - Схема лазерного зварювання

Відомо, що лазерне зварювання виробляють як на повітрі, так і в середовищі захисних газів: аргону, CO_2 . Лазерним променем можна зварювати великогабаритні конструкції, він легко регулюється, за допомогою дзеркальних оптичних систем, які легко транспортуються і направляються в важкодоступні для інших способів місця. Через високу концентрацію енергії (в плямі діаметром 0,1 мм і менше) в процесі лазерного зварювання, обсяг зварювальної ванни невеликий, мала ширина зони термічного впливу, високі швидкості нагріву і охолодження. Це забезпечує високу технологічну міцність зварних з'єднань, невеликі деформації зварних конструкцій.

Швидкість лазерного зварювання безперервним випромінюванням в кілька разів перевищує швидкості традиційних способів зварювання плавленням. Наприклад, сталевий лист, товщина котрого становить 20 мм, електричною дугою зварюють зі швидкістю 15 м/годин за 5-8 проходів, то ширина шва виходить 20 мм. Безперервним лазерним променем цей лист зварюється зі швидкістю 100 м/годин за один прохід і отримують ширину шва 5 мм. У зварювальних системах застосовуються як постійні, так і імпульсні лазери. Найбільш практичними і поширеними являються постійні лазери. При використанні імпульсних лазерів практично відсутні явища перегріву, як самої зварювальної системи, так і поверхні.

При зварюванні як безперервним, так і імпульсним випромінюванням малої товщини використовують більш м'які режими, які забезпечують лише розплавлення металу в стику деталей без перегріву його до температури інтенсивного випаровування.

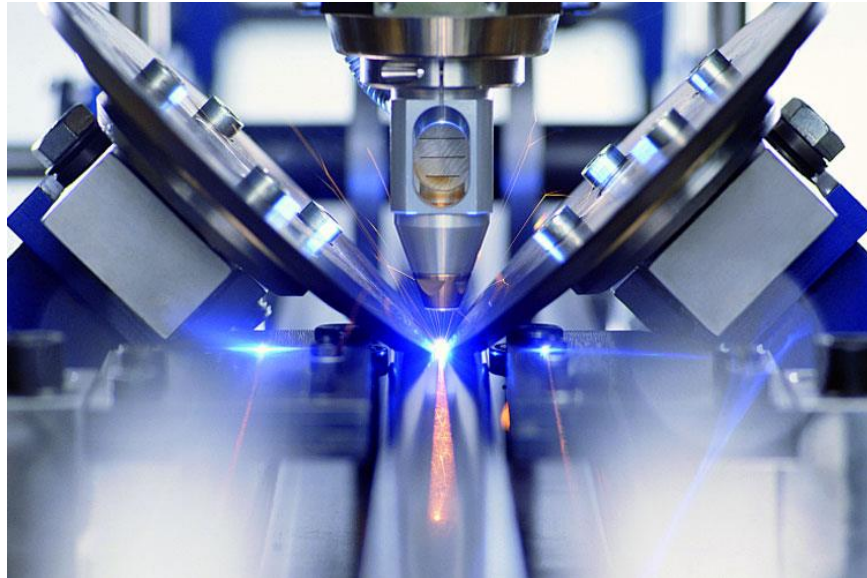


Рис. 4.2 - Загальний вигляд лазерного зварювання

Застосування лазерного зварювання у вітчизняній промисловості набуло широкого, але ще не цілком достатнього поширення для сучасного рівня у машинобудуванні. Причиною цього є як висока вартість технологічних лазерів і особливо зварювальних роботів, так і недостатній досвід застосування цих технологій. Лазерне зварювання дозволяє значно спростити технологію виготовлення зварних виробів, виконуючи зварювання як заключну операцію без подальшої правки або механічної обробки. Лазерне зварювання буде економічно ефективною тоді, коли необхідно істотно підвищити продуктивність, оскільки швидкість її може бути в кілька разів більше, ніж у традиційних способів зварювання.

Основними причинами, щоб використовувати апарат лазерного зварювання, є:

- швидкість з'єднання матеріалів;

- з'єднання різних матеріалів без механічної обробки;
- висока продуктивність роботи;
- чистота, зварювальні шви не забруднені частинами припою;
- висока міцність виробів і стійкість до корозії;
- відсутність обмежень по товщині матеріалів;
- мінімальна зона нагрівання;
- можливість з'єднання в важкодоступних місцях;
- відсутність виділення шкідливих парів.

Однак є й недоліки при використанні лазерного зварювання:

- лазерна технологія є новітною і володіє малим коефіцієнтом корисної дії (ККД);
- висока вартість на виробництво і експлуатацію устаткування;
- навчання зварника лазерного зварювання і прийомам навчання з агрегатом вимагає тривалих термінів і знань;
- присутність вібрацій.

Лазерні установки серії МЛК 4

Широкоуніверсальні компактні лазерні установки серії МЛК 4 (рис. 5.3) призначені для наступних видів лазерної обробки металевих і неметалевих матеріалів і виробів:

- точкового і шовного ручної та автоматизованої лазерної зварки металевих деталей (чорна і нержавіюча сталь, титан, алюміній і інші зварювані метали і сплави). Можливе виконання наступних зварювальних швів: прямолінійних, фігурних, кільцевих на деталях обертання (на обертальних приводах). Контурна лазерна різка, маркування й гравірування може здійснюватися за циліндричної і плоскої поверхні;
- прецизійного різання, складного контурного розкрою, прошивки отворів, гравірування виробів із сталі алюмінію, латуні, поликора, кераміки та інших неметалевих матеріалів, за заданим кресленням.

Сутність лазерного процесу зварювання полягає в наступному: лазерне випромінювання направляється в фокусуєчу систему, де фокусується в пучок меншого перетину і потрапляє на деталі, що зварюються, де частково відбивається та частково проникає всередину матеріалу, де поглинається, нагріває і розплавляє метал, формуючи зварений шов [12].

До складу обладнання для лазерного зварювання входить лазер, системи фокусування випромінювання, газового захисту виробу, переміщення променя.

До комплекту поставки можуть входити різні опції:

- обертальний привід для зварювання кільцевих швів на деталях;
- ріжуча голівка;
- додаткова автоматизована Z координата з датчиком місткості;
- автономна система охолодження;
- імпульсний лазер з ламповим накачуванням.



Рис. 4.3 - Конструкція лазерної установки серії МЛК 4

Принцип роботи

Оброблюваний виріб розміщується на робочій підставі X-Y координатного столу і переміщається щодо нерухомого лазерної плями в X-Y площині. Силовий об'єктив переміщається у вертикальному Z-напрямку за допомогою аналогічного координатного приводу. Для контролю за зоною обробки в оптичну систему вбудована TV-камера і встановлений TV-монітор візуального спостереження. Передбачена автоматизована подача інертного газу або повітря в зону обробки. Під час проведення робіт зі зварюванням, різанням або гравіруванням, можливий автоматичний піддув захисного газу, кисню або повітря через отвір сопла, а також знизу або збоку через спеціальні насадки.

Енергія, частота повторення, тривалість і форма імпульсу випромінювання варіюється в широких межах, що забезпечує вибір необхідних режимів і високу якість обробки. Управління машиною можливо від пульта ручного керування і комп'ютера. Програмне забезпечення реалізує такі функції, як: завантаження та обробку файлів-завдань в форматі HPGL; синхронне управління приводами столів і джерелом живлення лазера; інтерактивну установку технологічних параметрів. Керуючі креслення-завдання можуть бути імпортовані в вигляді HPGL-сумісних файлів або файлів dxf, bmp форматів з будь-яких графічних редакторів (CAD-системи, Corel-Draw, Компас і багато ін.) програмного забезпечення.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики лазерної установки

Найменування показника	Значення		
	вісь X	вісь Y	вісь Z
робоче переміщення, мм	3	250	250
	50		
точність позиціонування, мкм	20-30		
дискретність переміщення, мкм	2,5		
фокусна відстань об'єктивів, мм	64, 100		

розмір плями випромінювання в зоні обробки, мм	0,3-2		
довжина хвилі випромінювання, мкм	1,064		
частота імпульсів випромінювання, Гц	до 150		
мінімальна середня потужність випромінювання, Вт	150		
енергія в імпульсі, Дж	не менше 30		
маса машини, кг	не більше 200		
габарити, мм	до вжина	ши рина	вис ота
	12 00	12 00	140 0
споживана потужність, кВА	6		
температура, °С	не більше 20		
тиск, атм.	не менше 3,5		

Висновок: лазерне зварювання здійснюється в широкому діапазоні режимів, що забезпечують високопродуктивний процес з'єднання різних матеріалів товщиною від кількох мікрометрів до десятків міліметрів. Різноманітність методів і прийомів лазерного зварювання ускладнює розробку конкретного технологічного процесу.

Процес зварювання лазерним випромінюванням досить складний і на даний час немає теоретичної розрахункової моделі, яка б описувала його у всій повноті. Як правило, розрахунки стосуються будь-якої однієї з фізичних характеристик процесу впливу лазерного випромінювання на опрацьований матеріал.

4.2 Малярські роботи без використання кисті і валика

Ще одним напрямком застосування промислових лазерів є обробка поверхонь. Високі щільності потужності лазерного випромінювання

дозволяють отримувати якісно нові властивості поверхонь, недоступні традиційним методам обробки матеріалів. Лазерна обробка поверхонь металів і сплавів відноситься до локальних методів термічної обробки за допомогою висококонцентрованих джерел нагріву. У зв'язку з цим лазерний промінь, як джерело нагріву при термічній обробці матеріалів має риси, властиві всім іншим висококонцентрованим джерелам. Лазерне випромінювання дозволяє проводити обробку тільки поверхневої ділянки матеріалу без нагрівання решти обсягу. В результаті очевидні економічні та технологічні переваги. Лазерна обробка дозволяє оперувати в широкому інтервалі режимів. Це дозволяє досягати необхідних фізичних властивостей поверхні, таких як твердість, зносостійкість, шорсткість, а також геометричні розміри оброблених ділянок. Відсутність механічних зусиль на опрацьований матеріал дає можливість обробляти маломіцні і тонкостінні вироби.

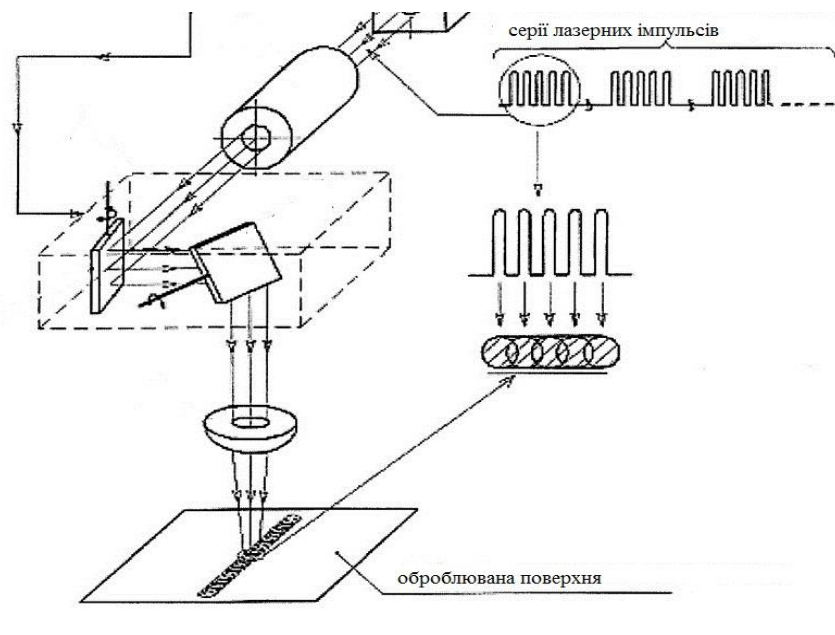


Рис. 4.4 - Спосіб поверхневої лазерної обробки

Методи лазерної термообробки аналогічні звичайним методам термічної обробки сплавів. Для здійснення лазерного гарту (термоупрочнення) локальну

ділянку поверхні масивної деталі нагрівають за допомогою випромінювання до надкритичних температур, а після припинення дії випромінювання, цю ділянку охолоджують за рахунок відведення теплоти у внутрішні шари металу. Висока швидкість охолодження призводить до утворення гартівних структур в сплавах і до високої твердості поверхні (рис.5.4).

У тому випадку, коли товщина оброблюваної деталі порівнянна з розмірами зони лазерної дії і умови прискореного тепловідведення не забезпечуються, має місце лазерний відпал. Така технологічна операція знайшла широке застосування в мікроелектроніці для відпалу напівпровідникових матеріалів, особливо імплантованих на металеві підкладки. Лазерний відпал, що полягає в нагріванні лазером загартованих деталей до температур нижче критичних, може бути використаний для обробки дрібних деталей в приладобудуванні, наприклад, пружинних елементів і ін.

Лазери також застосовуються для фарбування різних поверхонь. Для цього на метал наносяться спеціальні види хімічних барвників, згодом закріплюються лазерним випромінюванням. При цьому міцність фарбується набагато вище традиційного фарбування [14].

Ще одним напрямком в лазерній обробці матеріалів є оплавлення поверхні. Ця технологічна операція почала розвиватися з появою лазерного випромінювання та іншими методами. При оплавленні для поліпшення якості поверхні (зменшення пористості або шорсткості) режими обробки підбирають виходячи з вимог отримання найкращої мікрогеометрії поверхні, швидкість охолодження в цьому випадку, як правило, не регламентується. Методи отримання поверхневих покриттів - легування і наплавлення - відрізняються тим, що ділянка поверхні нагрівається вище температури плавлення, в зону оплавлення вводять легуючі компоненти, і в результаті утворюється поверхностний шар з хімічним складом, відмінним від основного металу. Вакуумно-лазерне напилення полягає в випаровуванні матеріалу ділянки поверхні під впливом лазерного випромінювання у вакуумі і конденсованих випаруваних продуктів на підкладці.

Ініціювання поверхневих хімічних реакцій на поверхні сплавів за допомогою теплового впливу лазерного випромінювання або з використанням плазмової хмари поблизу поверхні має на меті окислення або відновлення окремих компонентів сплаву або отримання спеціальних з'єднань.

Основна мета лазерного гарту - підвищення зносостійкості деталей, що працюють в умовах тертя. Зменшення зносу деталей після лазерного гарту обумовлено низкою факторів: висока твердість поверхні, висока дисперсність структури; збільшення несучих властивостей поверхні; зменшення коефіцієнта тертя і ін.

4.3 Застосування лазера в гравіруванні на деталях

Автоматизоване лазерне гравіювання заснована на впливі випромінювання безпосередньо на поверхню матеріалу. Завдяки високій точності лазерного гравіювання можна наносити досить складні зображення і написи. Установки для лазерного гравірування управляються зі звичайного комп'ютера з можливістю імпорту зображень зі стандартних редакторів векторної графіки або растрової графіки.

Завдані лазером зображення не наражаються на небезпеку бути змитими або затертими, тому що зроблені з самого матеріалу виробу.

Суть різання досить просте, відбувається фокусування лазерного променя на поверхні металу, а також нагрівання до високих температур. Спочатку відбувається поступове плавлення металу, а потім його випаровування. Завдяки різанню вдається уникнути появи істотної кількості відходів. Завдяки високій точності обробки фахівці виконують різання складних конструкцій без задирок, зрізів, нерівностей. Ефективність цього способу не залежить від того, одиничне або масове замовлення було зроблено замовником.

Основними перевагами гравіювання є стійкість до механічного стирання, тривалий експлуатаційний період, ідеальна передача зображення, а також стійкість до будь-яких агресивних середовищ.

Гравірування може бути виконане в монохромному, або в кольоровому варіанті, в залежності від побажань самого замовника. Завдяки гравіруванню можна виконати візерунки різного ступеня складності, впровадити в реальність сміливі дизайнерські задуми, нанести логотипи високої якості.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було досліджено автоматизацію виробництва, використання обладнання і лазерних технологій, які мають великий попит за кордоном.

Адже автоматизація виробництва, а також і управління виробництвом дозволяє заощадити фінансові, фізичні і людські ресурси для фірм, які застосовують роботизовану техніку в своєму виробництві і в допоміжних функціях.

Метою автоматизації є підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, оптимізація управління, усунення людини від виробництва, небезпечних для її здоров'я.

Рівень автоматизації характеризують такі показники, як коефіцієнт автоматизації виробництва, коефіцієнт автоматизації робіт і коефіцієнт автоматизації праці. Підвищення ефективності автоматизації виробництва здійснюється у наступних напрямках: вдосконалення методик техніко-економічного аналізу варіантів автоматизації певного об'єкту, обґрунтований вибір найбільш ефективного проекту і конкретних коштів автоматизації; забезпечення умов для інтенсивного використання коштів автоматизації, вдосконалення їх обслуговування; підвищення техніко-економічних характеристик обладнання, що випускається, та що використовується для автоматизації виробництва.

Нове покоління контрольно-вимірювальних приладів у машинобудуванні створено на основі принципів, які дозволяють, у першу чергу:

- 1) надати інформацію більш наочно і точно;
- 2) здійснювати передачу даних на зовнішні керуючі пристрої для реєстрації та подальшої обробки;
- 3) вбудовувати прилади в автоматизовані комплекси.

На даний момент широке розповсюдження в різних галузях машинобудування за кордоном отримали лазерні технології та координатно-вимірвальні машини. Вони дозволяють здійснювати найбільш повну автоматизацію виробничих процесів. Відразу при цьому економиться сировина і робочий час; підвищується якість продукції.

Всі ці устаткування можуть управлятися вручну оператором або автоматизовано комп'ютером.

На жаль машинобудування в Україні знаходиться не на самому найвищому рівні. Але для того, щоб технологія і розвиток автоматизації не стояло на місці, треба опиратися та брати приклад з закордонних підприємств та організацій, які за допомогою автоматизації випускають якісну та надійну продукцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2681 - 94 «Метрологія. Терміни та визначення».
2. ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы физических величин».
3. ДСТУ 3969-2000 Метрологія. Координатно-измерительные центры EMZ для измерений параметров зубчатых колес. Методы поверки (ГОСТ 8.572-2001, IDT)
4. Автоматизація аналізу вимірювальних пристроїв. Курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Інформаційні вимірювальні технології та системи» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» / Ю. М. Туз, Ю. С. Шумков, О. В. Козир; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,54 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 318 с. – Назва з екрана.
5. Туз Ю.М. Автоматизація аналізу вимірювальних пристроїв: навчальний посібник / Ю.М. Туз, Ю.С. Шумков, О.В. Козир; за заг. ред. Ю.М. Туза. – Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2022. – 312 с.
6. Ціделко В.Д., Яремчук Н.А., Затока С.А., Бурченков Г.К., Шведова В.В., Стасевич В.А. Основи метрології та вимірювальної техніки. Навчальний підручник / За заг. ред. Н.А. Яремчук. – К: Видавництво «Політехніка», 2012. – Том 1. – 266 с.
7. Васілевський О.М., Кучерук В.Ю., Володарський Є.Т. Невпевненість результатів вимірювань, контролю та випробувань: підручник / О.М. Васілевський, В.Ю. Кучерук, Є.Т. Володарський. – Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. – 352 с.
8. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 522 с.
9. Іванов О.Г. Вимірювальне обладнання у машинобудуванні: Навч. посібник. – К.: Вища школа, 1995. – 496с.

10. Єременко В.С. Аналогові та цифрові вимірювальні прилади: навч. посібник / В. С. Єременко, О. В. Монченко. К. : НАУ, 2018. – 152 с.
11. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2001. – 219 с.
12. Васілевський, О.М. Основи теорії невизначеності вимірювань: підручник / О.М.Васілевський, В.Ю.Кучерук, Є. Т. Володарський. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 230 с.
13. Бабак В.П., Єременко В.С., Куц Ю.В., Мокійчук В.М. Цифрові вимірювальні прилади: Комп'ютерний лабораторний практикум: Навч. посібник / За ред. чл.-кор. НАНУ В.П.Бабака. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 168 с.
14. Васніков В.П., Хаєйн Т.М. Концепція перевірки координатно-вимірювальних машин через Інтернет. Методологія та прилади. 2013. № 6. С. 48–53. URL: <http://ua.amu.in.ua/journal1>.
15. Основи вимірювань та автоматизації технологічних процесів : підручник / А. К. Бабіченко [та ін.], заг. ред. А. К. Бабіченко ; Нац. фармацевт. ун-т". – Харків: НФаУ : Золоті сторінки, 2007. – 515 с.
16. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем [Електронний ресурс] : підручник / В. П. Бабак, С. В. Бабак, В. С. Єременко та ін. – 2-е вид., перероб. і доп. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,1 Мбайт). – Київ: Ун-т новітніх технологій; НАУ, 2017. – 496 с. – Назва з екрана.
17. Проць Я. І. Захоплювальні пристрої промислових роботів [Текст] /Я.І. Проць. Навчальний посібник для вищих технічних навчальних закладів . – Тернопіль: ТДТУ, 2008. - 232с.
18. Проць Я.І., Данилюк О.А., Лобур Т.Б. Автоматизація неперервних технологічних процесів [Текст] / Я.І. Проць, О.А. Данилюк, Т.Б. Лобур. Навчальний посібник (укр. яз.) для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2008. – 239с.

19. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв [Текст] / Й.І. Стенцель. Навч. посібник – К.: ІСДО, 1995. – 360с.

20. Surkov I.V. Development of methods and means of coordinate measurements for linear and angular parameters of cutting instruments / I.V. Surkov // Measurement Techniques: Volume 54, Issue 7 (2011), Page 758–763.