

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 531.639

ИНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС  
КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ МАШИН

Борковська Л.О.

**Вступ**

На сучасному етапі розвитку автоматизації вимірювання геометричних розмірів об'єктів вперше за її історію співпали методи, структури і технічні засоби систем управління: мікропроцесорні засоби і ПЕОМ, об'єднані в інтегровані інтелектуальні системи на основі мереж різного рівня та призначення. Координатно-вимірювальні машини (КВМ) разом із системою її управління забезпечують визначення координат всіх точок поверхонь деталей в просторі вимірювання та дозволяють визначити метрологічні параметри відхилення від форми та розташування поверхонь деталей особливо складної конфігурації за допомогою математичних розрахунків з використанням векторної, лінійної алгебри та інших обчислювальних методів. Тому КВМ повинні бути оснащені системою спеціальних програм по виконанню алгоритмів необхідних розрахунків координатних вимірювань, управління роботою машини та інших сервісних функцій. Ця система програм складає програмно-математичне забезпечення (ПМЗ), що включає підсистеми різного функціонального призначення. Програми вимірювань на КВМ можуть розроблятися різними методами в залежності від складу і способу представлення даних про вимірювальний об'єкт та умови виконання вимірювань. Певні успіхи досягнуті у використанні гнучкого, ефективного, неперервного керування складними вимірювальними процесами з подальшим впровадженням інтегрованих інформаційних технологій, інтелектуальних підсистем підтримки прийняття рішення в умовах невизначеності, методів самонавчання на основі використання відкритих баз даних та знань.

**Аналіз останніх публікацій** [1,2] по розробці та впровадженню програмно - математичного забезпечення показав, що для вимірювання об'єктів зі складною просторовою поверхнею використовуються проблемно-орієнтовані системи програмування, аналогічні програмам для станків з ЧПК. Виконана на відповідній мові процесора програма вимірювання представляється на проміжній мові, на якій вона може відповідним постпроцесором переведена на мову безпосереднього програмування відповідної КВМ. Значне число теоретичних робіт [3, 4] присвячено проблемі створення ПМЗ для різних типів КВМ, що робить створення програмних компонент інформаційно-керуючої системи вимірювання об'єктів і тематичних баз і банків даних актуальними.

Слід відмітити, що на етапі інтелектуалізації більш широке впровадження отримали системи безпосереднього керування КВМ, що забезпечують максимальну швидкість, діалоговий режим обміну інформацією. Автономні системи дозволяють підготувати програми вимірювань без використання КВМ по кресленням деталей.

Важливою характеристикою системи ПМЗ координатно-вимірювальних машин є їх метрологічні можливості по вимірюванню геометричних розмірів деталей, що включає множини самостійних програм вимірювання окремих геометричних елементів з фіксованими комбінаціями елементарних поверхонь. Створення КВМ, призначених для вимірювання об'єктів із складною просторовою поверхню (лопатки турбін, шестерні, корпусні деталі та ін.), передбачає програмне управління такою системою. Це обумовлює можливість виникнення ситуацій, які не можуть бути визначені завчасно. В таких ситуаціях необхідно, щоб система управління КВМ правильно прийняла рішення та оперативно керувала складною системою. Тому необхідно передбачити можливість успішної роботи всіх підсистем комплексу.

Особливість КВМ полягає в тому, що вона володіє розвинутою сенсорикою та засобами штучного інтелекту. Здібна до автоматичного вимірювання в рамках поставлених вимірювальних задач. В процесі роботи можливий обмін інформацією та узгоджена дія між підсистемами на різних рівнях діяльності.

На основі вищесказаного створені комп'ютерні системи нового покоління для високоточного контролю геометрії виробів складної форми з гнучким та швидким переходом на різні типи розмірів відхилення від форми та розташування поверхонь. Висока точність та швидкодія вимірювань дозволяють забезпечити стовідсотковий контроль виробів з реєстрацією результатів в пам'яті комп'ютера. В залежності від призначення, обладнання КВМ та типів ПЕОМ існує велика кількість різних систем програмування, а найбільш поширеними є програмне забезпечення PowerShape, PowerInspect фірми Delcam, CATIA Version 5 Release 9.

Функціональна схема процесу виконання вимірювань геометричних розмірів на координатно-вимірювальних машинах в автоматичному режимі вимагає незалежності керуючо-обчислювальних програм від типу операційної системи та виконання робіт по уніфікації її апаратної частини. Система реєстрації даних всіх вимірювальних підсистем використовує режим реального часу.

На протязі останніх років розроблені нові методики і необхідні програми повної математичної обробки результатів вимірювань.

#### **Постановка задачі**

Розробити апаратно-програмний керуючий комплекс, оснащений системою програм по виконанню алгоритмів необхідних розрахунків координатних вимірювань, управління роботою КВМ та інших сервісних функцій, діагностування системи, підготовки допоміжних підсистем.

#### **Розв'язання задачі**

На сьогодні вимірювальний процес складних просторових об'єктів є достатньо організованим, проте його проходження, ефективність, точність, швидкодія дуже залежать від зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих впливів, в першу чергу від температури та вібрації.

Методи програмування для КВМ аналогічні методам, що використовуються для станків з ЧПК.

Сучасний стан розробки програмно – математичного забезпечення для КВМ характеризується активним впровадженням фізичних і математичних методів, їх аналізу та інженерної багатопараметричної оптимізації, розвитком математичних моделей і елементами САПР. При цьому процес вимірювання складних просторових поверхонь проводиться на швидкісних ПЕОМ з використанням сучасних інформаційних технологій. Класифікаційна схема сучасних систем ПМЗ КВМ представлена на рис. 1.

Задача розробки апаратно-програмного комплексу для КВМ пов'язана із створенням програмних компонент для проведення процесу вимірювання в складі гнучких виробничих систем зміни основних параметрів (температури, вологості, вібрації). Така система повинна відповідати наступним вимогам :

- виконувати велике число обчислювальних операцій;
- підтримувати достатньо об'ємну базу даних по вимірювальним об'єктам, діагностичним параметрам;
- бути відкритою для подальшого розвитку і модифікації, змінювати та використовувати інші типи датчиків з різною конфігурацією вимірювальних наконечників, що можливо при об'єктно-орієнтованому підході;
- отримувати результати вимірювань в реальному часі;
- генерація енциклопедичних банків даних по достатньо великій кількості об'єктів.

Об'єктивними передумовами для створення і функціонування інтегрованої системи управління КВМ є розроблена функціональна структура програмного комплексу, що

дозволяє вирішувати комплекс задач вимірювання геометричних розмірів об'єктів та інтелектуального програмного управління на рівні, що забезпечують високоточні вимірювання

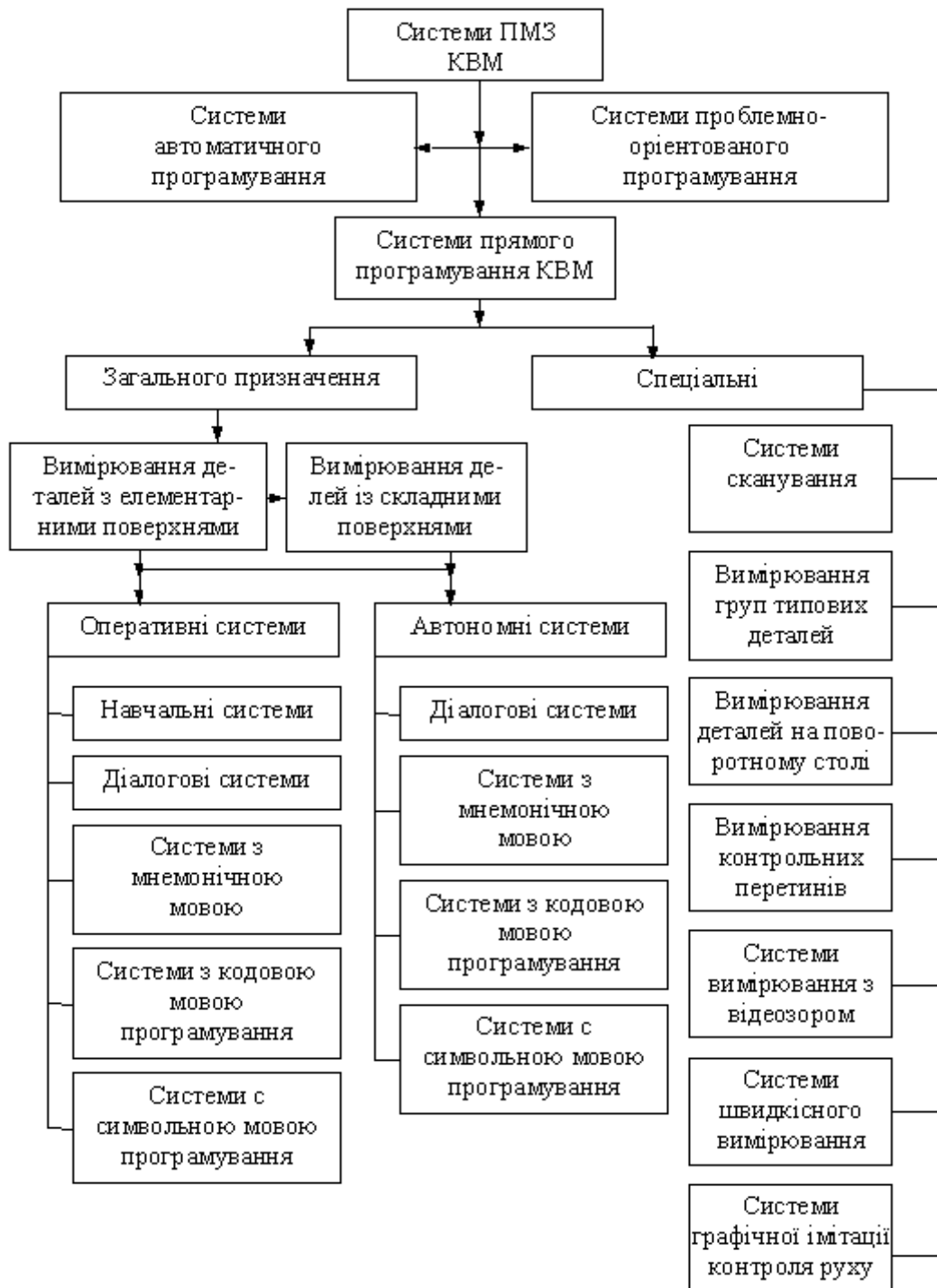


Рис. 1. Класифікаційна схема сучасних систем ПМЗ КВМ

У відповідності з прийнятим об'єктно-орієнтованим підходом розроблена структура інформаційно-керуючої системи в трьох ієрархічних рівнях, що представлена на рис. 2.

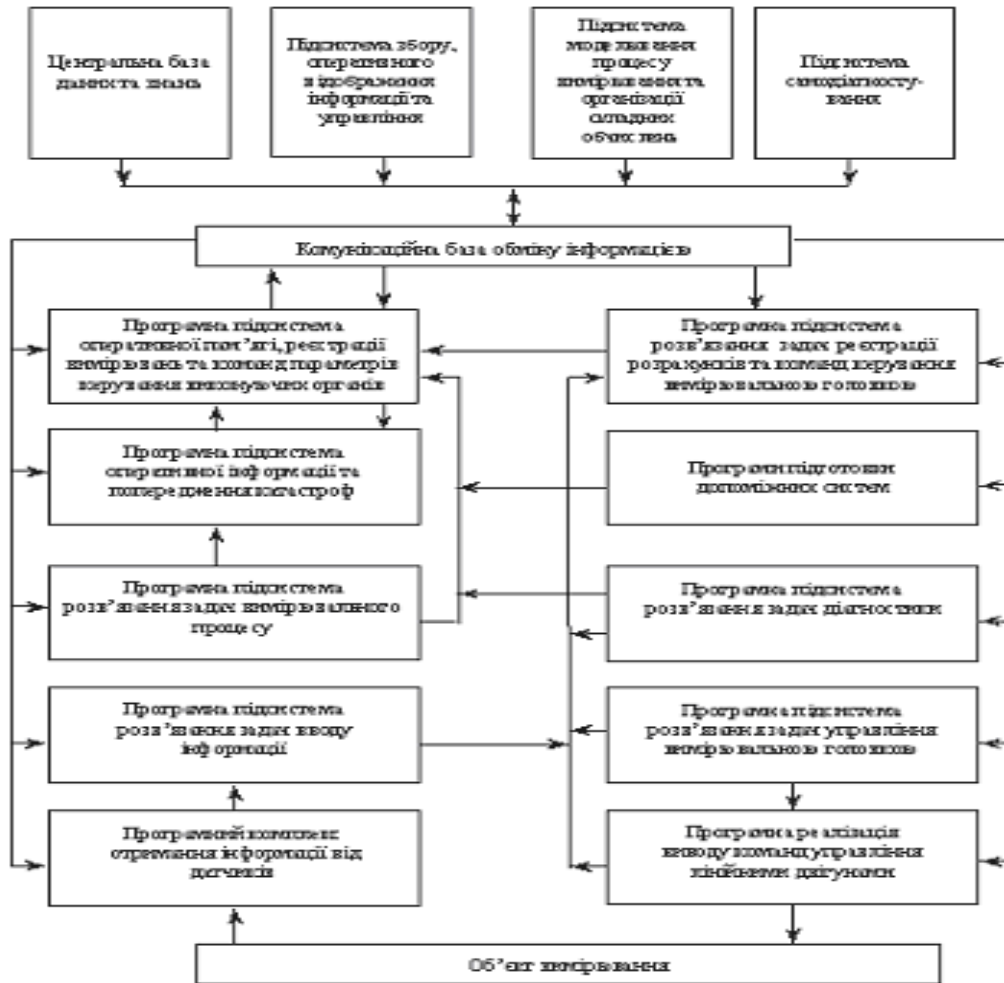


Рис. 2. Структура інформаційно-керуючої системи в трьох ієрархічних рівнях

ПМЗ першого рівня реалізує попередню обробку інформації від датчиків і сигналів керування КВМ:

- діагностику та реєстрацію даних;
- перетворює інформацію від датчиків контролю нормальних умов вимірювання в реальному часі;
- контроль і часткове управління роботою КВМ.

Другий рівень прикладного ПМЗ виконує комплексну статистичну обробку інформації з урахуванням її контрольної операції, систему траєкторного керування вимірювальною головкою.

На цьому рівні використовується багатомірна статистична фільтрація – фільтр Калмана, що забезпечує оптимізацію по мінімуму середньоквадратичного відхилення вектора оцінок стану КВМ на основі апаратної інформації про його модуль стану та статистичні характеристики датчиків. На цьому рівні передбачена попередня фільтрація (стик) вхідної інформації про стан КВМ на основі даних оптимального фільтру.

ПМЗ третього рівня призначається для вирішення функціональних задач, що реалізують процес вимірювання геометричних розмірів об'єктів; управління модельними режимами, системи підготовки до вимірювання, включаючи засоби юстировки та вводу даних на другому рівні. На третьому рівні реалізується оптимізація режимів роботи КВМ, включаючи

рухи координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  та щупів самокерованої вимірювальної головки, а також функціонування в цілому при виконанні умов, а саме:

- дистанційне керування;
- пари вимірне зображення;
- інформаційна сигналізація про аварійний режим.

Синтез таких систем проводиться методами використання математичних моделей, оптимальною оцінкою параметрів, експертних систем, лінійного і динамічного програмування, створенням підсистем штучного інтелекту, алгоритмів координації підсистем.

Методологічною основою для створення комп'ютерно-інтегрованої структури при керуванні КВМ є системний аналіз, що дає можливість виконати ряд взаємозв'язаних процедур.

В загальному вигляді під комп'ютерно-інтегрованим управлінням розуміють багаторівневу інтегровану систему, в якій виділяють ієрархічні рівні вимірювального процесу. Компонентами такої структури є:

- центральна база даних і знань;
- підсистема підпрограм вводу, збору, реєстрації відліків, оперативного відображення та обробки інформації;
- підсистема моделювання процесом вимірювання та організації складних обчислень;
- підсистема оперативної пам'яті та розв'язання задач виводу команд керування лінійними двигунами;
- підсистема реєстрації параметрів вимірювальних процесів і розв'язання задач контролю та діагностики.

Підготовка завдання на вимірювання геометричних розмірів полягає в тому, що спочатку проводяться вимірювання і по еталону-зразку калібрується датчик, визначається його місце знаходження у вимірювальному просторі та проводиться діагностування всіх підсистем.

З функціональної точки зору КВМ реалізує процес вимірювання у вигляді взаємодії матеріального, інформаційного та енергетичних процесів. Визначальним фактором підвищення ефективності функціонування апаратно-програмного комплексу є наявність масштабного і реального часу, що адекватно відображають процеси вимірювання геометричних розмірів об'єктів.

Інформаційно-керуюча система відповідно до ієрархічної структури КВМ з елементами штучного інтелекту виконує основні функції:

- моделювання середовища та побудова безпечного маршруту по поверхні об'єкту вимірювання,
- програмування та оптимізація рухів виконуючих органів,
- створення єдиного інформаційного простору та інтегрованої адаптивної обробки інформації,
- розробка високоточних методів траєкторного та оптимального керування в процесі вимірювання, в тому числі на режимах підвищеної маневреності та в екстремальних ситуаціях,
- розпізнавання та ідентифікацію об'єктів за допомогою комплексної обробки зображень вимірювальних складних просторових поверхонь в тривимірному просторі та порівняння їх з еталонною поверхнею,
- ефективного розподілу задач між процесорними та інтерфейсними модулями.

Кожна із програм підсистем представляє собою інформаційно-керуючу підсистему, що складається із управляючого об'єкту та керуючого засобу, об'єднаною прямим та зворотним інформаційними зв'язками. Рівень такої системи відображає послідовні перетворення вхідної інформації (фізичної) КВМ в машину користувача.

Підсистема реєстрації та попередньої обробки даних забезпечує повну математичну обробку даних одночасно з реєстрацією, що забезпечує:

- уніфікований графічний інтерфейс користувача, надійність і простоту управління, можливість діагностичної реєстрації даних;
- засоби локального і дистанційного управління, візуального контролю стану КВМ та вимірювального процесу;
- уніфікований спосіб збереження даних, що поступають від підсистеми реєстрації, сумісність з форматами, прийнятими від інших метрологічних служб;
- автоматичне протоколювання інформації про дестабілізуючі фактори, що впливають на точність вимірювання, автоматичний аналіз якості даних;
- максимально можливу гнучкість програмного забезпечення відносно змін типів, конфігурацій КВМ.

При розробці програмно-математичного забезпечення опис методики вимірювання розподіляється на дві частини: перша –інваріантний до змін (базовий рівень програмно-математичного забезпечення) та другий – залежить від методики (драйверний), що виконує наступні операції:

- ініціалізацію (настройку) реєструючої, електронної частини у відповідності з розробленою структурою даних адреса апаратного обладнання та спосіб групування операцій управління потоком даних, склад та структура даних, що заносяться в пам'ять;
- управління засобами, що отримують вимірювальну інформацію;
- управління потоками даних в первинній пам'яті.

Програмне забезпечення третього рівня структури ієрархії виконано на мові Assembler.

При виконанні вимірювання деталей виділяються наступні задачі:

попередня обробка (сортування, придатність, стиснення даних, візуалізація, вивід інформації на носії, математичні операції з масивами даних по заданій методиці формул).

Центральна база даних представляє собою набір даних: результатів вимірювань, типів датчиків, стандартних та оригінальних деталей, оптимальних процесів вимірювань, математичних методів обробки результатів вимірювання, енциклопедичний банк даних, бібліотеку прикладних підпрограм.

Підсистема реєстрації даних може бути виконана у вигляді універсальних базових програм, що є настройкою над драйвер ним програмним забезпеченням.

Для розгляду варіанта такої настройки введено поняття параметричної моделі КВМ, тобто списку параметрів, характерних для машини.

#### **Висновки.**

Таким чином, використовуючи сучасні прикладні програми для інформаційно-керуючої системи в цілях організації інтелектуальної системи керування КВМ, можна розробити спеціальне програмне забезпечення по вдосконаленню вимірювальних процесів геометричних розмірів об'єктів, покращенню метрологічних характеристик, обробки результатів вимірювання та представлення їх у графічному вигляді для оператора- метролога.

Багаторівнева структура інформаційно-керуючої системи дозволяє реалізувати функцію розв'язання стратегічних та тактичних задач керування .

Прийняття рішення організовано на базі експертних систем, побудованих на принципах нейронних мереж. В цілях подальшого ефективного отримання інформації передбачається використання відеоінформаційних систем, що дозволяють забезпечити підвищену точність контролю стану вимірювання об'єктів.

In clause the block diagram of informational-managing system in three hierarchical levels is submitted which allows to develop special program maintenance on improvement of measuring processes of the geometrical sizes of objects, improvement of metrology characteristics, processing of results of measurement and representation them in a graphic kind for the operator - metrologer..

1. Сососкин В.Л., Мартынов Г.М. Концепция числового программного управления мехатронными системами: архитектура систем PCNC //Мехатроника. –2000. – №1. –с. 9– 14
2. Чикуров Н.Г., Махмуров Б.Р. Система ЧПУ класса JCNC для управления обработкой сложнопрофильных деталей на многокоординатных станках //СТИН.– 2003.– №3.–С. 11-16
3. Гапшис А.А., Каспарайтис А.Ю., М.Б. Модестов, Раманаускас З.А., Серков Н.А., Чудов В.А. Координатные измерительные машины и их применение- М.: Машиностроение, 1988. -328с.
4. Будгинас С.Ю., Романаускас В.А., Техкунас Р.Ю. Система программирования для автоматизированных координатных измерительных машин //Станки и инструменты. –1982. –№3.–с. 15-17
5. Поспелов Г.С. искусственный интеллект – основа новой информационной технологии.–М.: Наука.–1988.–246 с.
6. Веронов А.А. Введение в динамику сложных управляющих систем. М.: Наука.–1955
7. Алехин Д.А., Буров Ю.Л., Лебедев Г.Н. и др. Новый тип обратных связей в интеллектуальной системе управления полетом. // Известия РАН.Теория и системы управления.–1998.–№4.–С. 34-37