Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Магістерський курс

для освітньої програми «Системи керування та діагностування технологічного устаткування»

Навчальний посібник

Гуменюк П. О., Гуменюк Л. О., Пальчевський Б. О., Решетило О. М., Смолянкін О. О., Федік Л. Ю.

Загальна редакція д.т.н., професора Пальчевського Б. О.

Луцьк
2025

УДК 004:519.6+681.5:004.89+621.865
А 18

Рекомендовано до друку вченою радою
Луцького національного технічного університету
та надано гриф «Рекомендовано Луцьким національним технічним університетом»
(протокол № 7 від 20.03.2025 р.)

Рецензенти:

С. А. Клименко – доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, заступник директора з наукової роботи Інституту надвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля.

В. А. Кирилович – доктор технічних наук, професор кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б. Б. Самотокіна Державного університету «Житомирська політехніка».

Ю. М. Кузнєцов – директор ТОВ «ЗМОК» доктор технічних наук, професор, професор кафедри конструювання машин Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Ю. З. Вашкурак – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету «Львівська політехніка».

А 18 **Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології. Магістерський курс для освітньої програми «Системи керування та діагностування технологічного устаткування»: навч. посібник** / укладачі: П. О. Гуменюк, Л. О. Гуменюк, Б. О. Пальчевський, О. М. Решетило, О. О. Смолянкін, Л. Ю. Федік. Заг. ред. Пальчевського Б. О. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 319 с.

Навчальний посібник висвітлює зміст нормативних освітніх компонент магістерської освітньої програми «Системи керування та діагностування технологічного устаткування» спеціальності 174 Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка.

Запитання для перевірки знань та список використаних джерел до кожного розділу сприятимуть поглибленому вивченню матеріалу.

УДК 004:519.6+681.5:004.89+621.865

© Гуменюк П. О., Гуменюк Л. О., Пальчевський Б. О.,
Решетило О. М., Смолянкін О. О., Федік Л. Ю.
2025

ЗМІСТ

ВСТУП (Пальчевський Б. О.) 6
МЕТОДИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ (укладачі Гуменюк П. О., Гуменюк Л. О.) 7
ТЕМА 1 ВИДИ І МЕТОДИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ 7
ТЕМА 2 ЕТАПИ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ.....16
ТЕМА 3 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ.....23
ТЕМА 4 СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО.....29
ТЕМА 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ 35
Завдання для перевірки знань.....40
Список використаних джерел.....42
МЕТОДОЛОГІЯ І ПРАКТИКА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ (укладач Пальчевський Б. О.) 43
ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ ПРО НАУКУ ЯК СИСТЕМУ ЗНАНЬ.....43
ТЕМА 2 МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ 48
ТЕМА 3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ 53
ТЕМА 4 ВИБІР НАПРЯМКУ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ 55
ТЕМА 5 СТРУКТУРА ПРИКЛАДНОГО НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ 57
ТЕМА 6 МЕТОДОЛОГІЯ ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ 60
ТЕМА 7 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 62
ТЕМА 8 СПРОЩЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ 68
ТЕМА 9 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ 72
Завдання для перевірки знань.....74
Список використаних джерел.....75
АВТОМАТИ ТА АВТОМАТИЧНІ ЛІНІЇ (укладач Пальчевський Б. О.) 77
ТЕМА 1 ВСТУП. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ 77
ТЕМА 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА 84
ТЕМА 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ 92
ТЕМА 4 РОТОРНІ АВТОМАТИ 101
ТЕМА 5 ФУНКЦІОНАЛЬНА ТОЧНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ 106
Завдання для перевірки знань.....116
Список використаних джерел.....117

АВТОМАТИЗАЦІЯ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМПЛЕКСІВ (укладач Решетило О. М.) 119
ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ СИСТЕМ ЗБИРАННЯ ДАНИХ 119
ТЕМА 2 ВВІД-ВИВІД АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ 131
ТЕМА 3 ВВІД-ВИВІД ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ 145
ТЕМА 4 ДАТЧИКИ І ПРИСТРОЇ УЗГОДЖЕННЯ СИГНАЛІВ 149
ТЕМА 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ЗБИРАННЯ ДАНИХ .167
ТЕМА 6 ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 170
ТЕМА 7 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ 174
ТЕМА 8 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ 178
Завдання для перевірки знань.....181
Список використаних джерел.....183
СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ (укладачі Решетило О. М., Смолянкін О. О.).....185
ТЕМА 1 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ 185
ТЕМА 2 ПРОГРАМУВАННЯ ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА 187
ТЕМА 3 ВИКОРИСТАННЯ SCADA-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ 191
ТЕМА 4 SCADA-СИСТЕМА GENIE 3.0.....203
ТЕМА 5 SCADA-СИСТЕМА GENESIS 32 213
ТЕМА 6 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ SCADA-СИСТЕМ 228
Завдання для перевірки знань.....234
Список використаних джерел.....236
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ (укладачі Решетило О. М., Федік Л. Ю.).....237
ТЕМА 1 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ. СКЛАД ТА ПРИНЦИП ДІЇ 237
ТЕМА 2 ДАТЧИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ДАНИХ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ. 242
ТЕМА 3 ТЕХНІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ. 249
ТЕМА 4 НАСТРОЮВАННЯ ТА АДАПТАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ. 254

ТЕМА 5 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ 263
ТЕМА 6 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....277
ТЕМА 7 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....280
ТЕМА 8 СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ І ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ. 291
Завдання для перевірки знань.....317
Список використаних джерел.....317

ВСТУП
(Пальчевський Б. О.)

Навчальний посібник охоплює основний зміст навчальних дисциплін з підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» освітньої програми «Системи керування та діагностування технологічного устаткування» спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка в Луцькому національному технічному університеті.

Метою освітньої програми «Системи керування та діагностування технологічного устаткування» є підготовка фахівців для ефективного виконання професійних завдань та комплексного вирішення проблем пов'язаних із створенням та експлуатацією автоматизованих систем керування технологічним устаткуванням різного призначення, забезпечення їх системами діагностування його технічного стану та покращення умов експлуатації, а також оволодіння знаннями, що необхідні для подальшого навчання та самостійного професійного розвитку.

Освітня програма відповідає сучасним потребам промислового сектору, де відбувається активний перехід від фізичного світу до цифрового, підприємства та компанії повинні швидко адаптувати виробництво продукції та послуги до вимог ринку.

Навчання на магістерському рівні дозволить здобути компетентності, які допоможуть комплексно вирішувати сучасні проблеми автоматизованого виробництва, адаптивних та інтелектуальних систем керування та діагностування автоматизованих технологічних комплексів.

Основний фокус магістерського курсу є набуття майбутніми фахівцями необхідних практичних навиків у сфері автоматизованого виробництва та дослідження, удосконалення і модернізація процесів, засобів та методів автоматизованого керування, діагностування та експлуатації технологічного устаткування.

Розроблений навчальний посібник призначений для здобуття знань у галузі комп'ютеризованих комплексів різного призначення. До кожної теми надані запитання для перевірки знань та список використаних джерел.

Посібник призначений для студентів та викладачів, які цікавляться дослідженнями в сфері інженерної діяльності та здобуттям знань у галузі комп'ютеризованих комплексів різного призначення.

МЕТОДИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
(укладачі Гуменюк П. О., Гуменюк Л. О.)

ТЕМА 1 ВИДИ І МЕТОДИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ [2-4]

1.1 Способи дослідження систем

У певні моменти функціонування більшості систем виникає необхідність їх дослідження з метою отримання уявлення про внутрішні відношення між їх компонентами або обчислення їх продуктивності в нових умовах експлуатації. Ці дослідження можна проводити різними способами. Розглянемо їх детальніше.

– *Експеримент із реальною системою чи з моделлю системи?* Якщо можливо фізично змінити систему (якщо це рентабельно) і запустити її в дію в нових умовах, найкраще вчинити саме так, оскільки в цьому випадку питання про адекватність отриманого результату зникає сам собою. Однак часто такий підхід нездійсненний або через занадто великі витрати на його виконання, або в силу руйнівного впливу на саму систему.

– *Якщо експеримент з моделлю, то фізична чи математична модель?* В деяких випадках створення фізичних моделей може виявитися дуже ефективним для дослідження технічних систем або систем управління. Однак переважна більшість створюваних моделей є математичними. Вони представляють систему засобами логічних і кількісних відношень, які потім піддаються обробці та змінам, щоб визначити, як система реагує на зміни, точніше – як би вона реагувала, якби існувала насправді.

– *Якщо математична модель, то аналітичне рішення чи імітаційне моделювання?* Якщо модель досить проста, можна обчислити її співвідношення та параметри і отримати точне аналітичне рішення. Однак деякі аналітичні рішення можуть бути надзвичайно складними і вимагати величезних комп'ютерних ресурсів. У цьому випадку модель слід вивчати за допомогою імітаційного моделювання, тобто багаторазового випробування моделі з потрібними вхідними даними, щоб визначити їх вплив на вихідні критерії оцінки роботи системи.

Імітаційні моделі класифікують за трьома аспектами.

– *Статична чи динамічна?* Статична імітаційна модель – це система в певний момент часу або система, в якій час просто не відіграє ніякої ролі. Динамічна імітаційна модель представляє систему, що змінюється в часі, наприклад конвеєрну систему на заводі.

– *Детермінована чи стохастична?* Якщо імітаційна модель не містить ймовірнісних (випадкових) компонентів, вона називається детермінованою. Стохастичні імітаційні моделі видають результат, який є випадковим сам по собі, і

тому він може розглядатися лише як оцінка істинних характеристик моделі.

– *Неперервна чи дискретна?* Дискретна модель не завжди використовується для моделювання дискретної системи, і навпаки. Чи необхідно для конкретної системи використовувати дискретну чи неперервну модель, залежить від задач дослідження.

Комп'ютерне моделювання – це застосування комп'ютерних технологій розв'язання математичних моделей на електронно-обчислювальних машинах.

Комп'ютерні моделі складних систем поділяються умовно на такі види:

– структурно-функціональні, які представляють собою умовний образ об'єкта, описаний за допомогою програмних та комп'ютерних технологій;

– імітаційні, що являють собою програму або комплекс програм, що дозволяє відтворювати процеси функціонування об'єкта в різних умовах;

– комбіновані, з можливостями спостереження та дослідження об'єкта на динамічних умовних образах моделі та імітаційних моделях об'єкта.

Існує багато програмних комплексів, які дозволяють проводити побудову та дослідження моделей (моделювання). Кожне програмне середовище має свій інструментарій та дозволяє працювати з певними видами інформаційних моделей.

Від вибору програмного середовища залежить алгоритм побудови комп'ютерної моделі, і навіть форма його представлення.

1.2 Види імітаційного моделювання

Імітаційне моделювання застосовується, коли неможливо побудувати аналітичну модель системи, що враховує причинні зв'язки, наслідки, нелінійності, стохастичні змінні, коли необхідно імітувати поведінку системи в часі, розглядаючи різні можливі сценарії її розвитку за зміни зовнішніх і внутрішніх умов .

Таким чином, *імітаційне моделювання* – це високорівнева інформаційна технологія із застосуванням комп'ютерів, що найчастіше використовується при моделюванні складних систем.

Переваги імітаційного моделювання:

– висока адекватність між фізичною суттю описуваного процесу і його моделлю;

– можливість описати складну систему на досить високому рівні деталізації;

– значно більше областей дослідження, ніж аналітичне моделювання;

– відсутність обмежень відображення в моделі залежностей між параметрами моделі;

– можливість оцінки функціонування системи не тільки в стаціонарних станах, але і в перехідних режимах (процесах);

– одержання значної кількості даних про досліджуваний об'єкт (закон розподілу випадкових величин, числові значення абсолютні та відносні, і багато іншого);

– найбільш раціональне ставлення «результат-витрати» по відношенню до аналітичного і фізичного моделюванню.

Недоліки імітаційного моделювання:

– розробка хорошої моделі часто обходиться дорожче, ніж аналітична і вимагає більше часу на створення і налагодження;

– складно оцінити ступінь точності моделі, її адекватність досліджуваному процесу;

– відносно високі вимоги до кваліфікації дослідника для написання моделі;

– спільність застосування та індивідуальність реалізації.

Імітаційне моделювання умовно може бути представлене різними різновидами чи напрямками, що відповідно мають свої методології (рис. 1.1). Розглянемо ці напрямки.

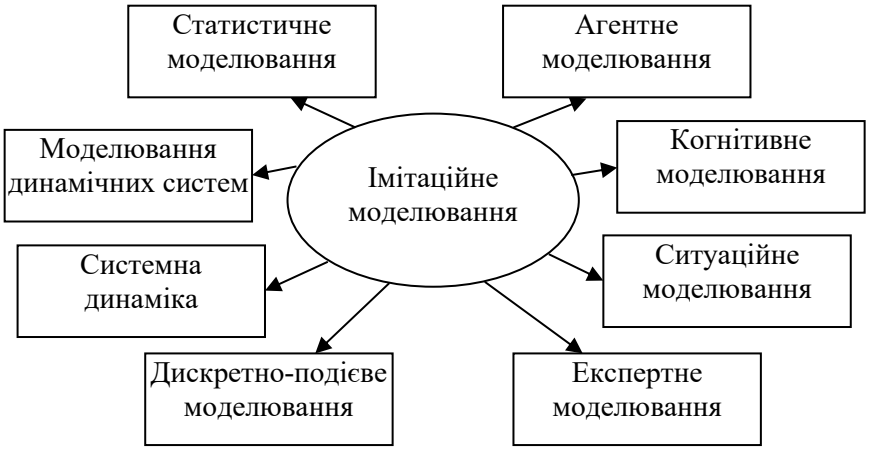


Рисунок 1.1 – Різновиди імітаційного моделювання

1.3 Методи імітаційного моделювання

В імітаційному моделюванні під методом мається на увазі якась основа, яку ми використовуємо, щоб «перевести» систему з реального світу у світ моделей. Метод передбачає певну мову, «положення та умови» для розробки моделі. На даний момент існує три методи (рис. 1.2):

• системна динаміка;

• дискретно-подієве моделювання;

• агентне моделювання.

Кожен метод застосовується у певному діапазоні рівнів абстракції.

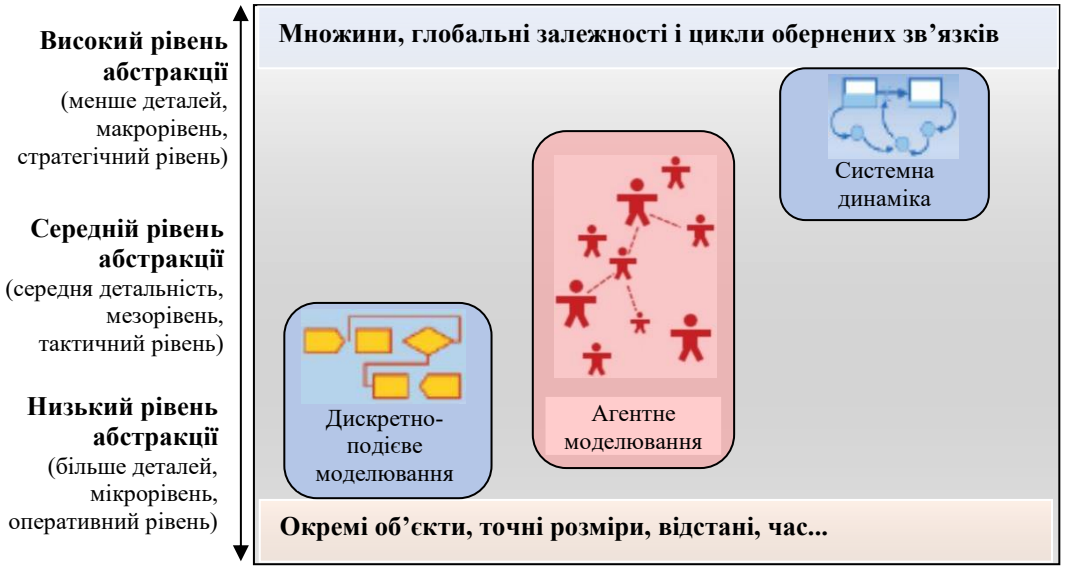


Рисунок 1.2 – Рівні абстракції видів моделювання

Системна динаміка передбачає дуже високий рівень абстракції і, як правило, застосовується для стратегічного моделювання.

Дискретно-подієвее моделювання підтримує середній та низький рівні абстракції.

Між ними знаходяться *агентні моделі*, які можуть бути як дуже деталізованими, коли агенти представляють фізичні об'єкти, так і гранично абстрактними, коли за допомогою агентів моделюються конкуруючі компанії або уряди держав.

Імітаційні моделі, які ми будемо розглядати, будуть в більшості дискретними, динамічними та стохастичними. Будемо їх називати дискретно-подієвими моделями.

1.4 Статистичне моделювання

Статистична модель випадкового процесу – це алгоритм, за допомогою якого імітують роботу складної системи, схильної до випадкових збурень; імітують взаємодію елементів системи, що носять імовірнісний характер.

Чисельний метод, який вирішує задачу генерування послідовності випадкових чисел із заданими законами розподілу, отримав назву «метод статистичних випробувань» або «метод Монте-Карло».

Метод статистичного імітаційного моделювання – це спосіб вивчення складних процесів і систем, що піддаються випадковим збуренням, за допомогою імітаційних моделей.

Статистичне моделювання залежно від області застосування поділяється на кілька напрямків (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Класифікація видів статистичного чисельного моделювання за типом розв'язуваних задач

Ймовірнісне моделювання (методи Монте-Карло) – цей напрям розвивається як спосіб розв'язання математичних задач – обчислення інтегралів, розв'язання систем лінійних рівнянь та диференціальних рівнянь.

Ймовірнісно-імітаційне моделювання – застосування теорії ймовірності та методів Монте-Карло для побудови імітаційних моделей у молекулярній, статистичній, квантовій, нейтронній фізиці, геофізиці, газовій динаміці, хімічній кінетиці, у передачі та захисті інформації, у моделях масового обслуговування, фінансовій математиці, біології та ін.

Статистичне моделювання – застосування математичної статистики для статистичного оцінювання та прогнозування, кореляційно-регресійного та багатовимірного статистичного аналізу, оптимізації систем, визначення екстремуму функцій великої кількості змінних та ін. у різних галузях виробництва та науки. Результатом застосування статистичного моделювання є можливість проведення прогнозу.

1.5 Моделювання динамічних систем

Система – це сукупність об'єктів, що функціонують і взаємодіють один з одним для досягнення певної мети. Насправді поняття системи залежить від задач конкретного дослідження.

Стан системи визначається сукупністю змінних, необхідних для опису системи на певний момент часу відповідно до задач дослідження.

Існують системи двох типів: дискретні та неперервні.

У *дискретній* системі змінні стану в різні періоди часу змінюються миттєво.

У *неперервній* системі змінні змінюються неперервно в часі.

Під *динамічною системою* будемо розуміти будь-який об'єкт, процес або явище, для якого однозначно визначене поняття стану як сукупності деяких величин і заданий закон, який описує зміну початкового стану з плином часу, який рухається в просторі і змінюється в часі.

В основі методології моделювання динамічних систем і побудови об'єктно-

орієнтованих моделей в технічних системах лежить агрегативний підхід, де складна система представлялася у вигляді агрегату (чорної скриньки), що має множину вхідних, вихідних і впливаючих керуючих сигналів. Цей підхід широко використовується при дослідженні складних індивідуальних управлінських систем, до яких належать АСУ. Агрегативні системи дозволяють описати широке коло об'єктів дослідження з відображенням системного характеру цих складних об'єктів, з можливістю розбиття складної системи на скінченну кількість підсистем, зі збереженням зв'язків між ними та взаємодії частин. В теорії автоматичного управління основним об'єктом вивчення є системи керування складними динамічними (технічними) об'єктами та їх елементами.

Для моделювання динамічних систем використовуються так звані середовища схемотехнічного моделювання: VISSIM, SIMULINK + MATLAB, PowerSim, Multisim, LabView, Easy5, MvStudium та ін.

1.6 Системна динаміка

Системна динаміка – вид моделювання, де для досліджуваної системи будуються графічні діаграми причинних зв'язків і глобальних впливів одних параметрів на інші в часі, а потім створена на основі цих діаграм модель імітується на комп'ютері.

Системна динаміка представляє методи вивчення динамічних систем. Передбачається, що користувач:

– моделює систему як закриту структуру, яка сама визначає власну поведінку;

– виявляє цикли оберненого зв'язку врівноважуючого чи підсилюючого типу. Цикли оберненого зв'язку займають центральне місце в системній динаміці;

– встановлює накопичувачі та потоки, які на них впливають.

Накопичувачі характеризують стан системи. Вони містять пам'ять системи. Модель працює тільки із сукупністю об'єктів: окремі елементи, що містяться в накопичувачі, не помітні.

Потоки представляють інтенсивність, з якою змінюються стани системи.

Системна динаміка найчастіше використовується для розробки довгострокових стратегічних моделей і передбачає високий рівень агрегації об'єктів: моделі системної динаміки розглядають людей, товари, ресурси та інші окремі елементи в кількісних термінах.

1.7 Дискретно-подієве моделювання

Дискретно-подієве моделювання – підхід до моделювання, що пропонує абстрагуватися від неперервної природи подій і розглядати тільки основні події

модельованої системи, такі як: «очікування», «обробка замовлення», «рух з вантажем», «розвантаження» та інші.

Дискретно-подієве моделювання використовується для побудови моделі, що відображає розвиток системи в часі, коли стани змінних змінюються миттєво у конкретні моменти часу.

У такі моменти часу відбуваються події, при цьому *подія* визначається як миттєве виникнення, що може змінити стан системи.

Дискретно-подієве моделювання передбачає представлення модельованої системи у вигляді процесу, тобто послідовності операцій, що виконуються з агентами.

Модель задається графічно у вигляді діаграми процесу, блоки якої є окремими операціями. Як правило, діаграма процесу починається з блоку «джерело», що генерує агентів. Цей блок передає агентів у наступні блоки діаграми, що задають операції модельованого процесу. Завершується діаграма процесу зазвичай блоком, що знищує цих агентів.

Як час прибуття агентів, так і час їх обслуговування зазвичай є випадковими величинами, і їх значення генеруються функціями розподілу ймовірностей. Тому і самі дискретно-подієві моделі є стохастичними, і для отримання репрезентативного результату модель повинна пропрацювати певний час, або ж потрібно виконати певну кількість прогонів моделі.

Даний підхід широко застосовується в теорії масового обслуговування, яка вивчає широкий клас випадкових процесів у системах поширення інформації, інформаційно-комунікативних системах та в різних галузях масового обслуговування.

1.8 Агентне моделювання

Агентне моделювання (agent-basedmodel (ABM)) – різновид імітаційного моделювання, метод, який досліджує поведінку децентралізованих агентів і те, як така поведінка визначає поведінку всієї системи в цілому.

Агент – деяка сутність, що має активність, автономну поведінку, може приймати рішення відповідно до деяких наборів правил, взаємодіяти з оточенням, а також самостійно змінюватися.

Агентами можуть бути різні об'єкти (рис. 1.4): транспортні засоби, обладнання, проекти, організації, земельні ділянки, люди і т.д.

Агентне моделювання включає елементи теорії ігор, складних систем, мультиагентних систем та еволюційного програмування, методи Монте-Карло, використовує випадкові числа.

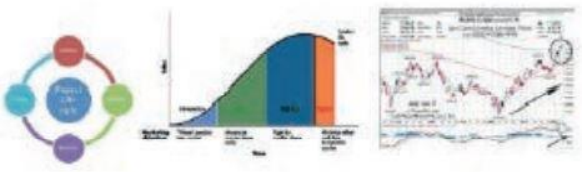
Люди в різних ролях:
покупці, співробітники, пацієнти,
лікарі, клієнти, солдати…



Обладнання, транспорт:
вантажівки, машини, крани, літаки,
вагони, верстати…



Нематеріальні речі:
проєкти, продукти, інновації, ідеї,
інвестиції…



Організації:
компанії, політичні партії, країни…



Рисунок 1.4 – Агентні об'єкти

Середовище – деякий простір, в якому знаходяться агенти, який характеризується своїми станами і факторами, агенти знаходяться у певному місці цього простору, з можливістю орієнтування та пересування в даному просторі.

Правила взаємодії – закони взаємодії агентів у навколишньому середовищі, з процедурами ухвалення рішення та вибору стратегії при черговому кроці взаємодії.

Задачі імітаційного моделювання при агентному підході полягають у визначенні характеристик стану агентів і середовища, вивчення поведінки агентів при різних ситуаціях взаємодії і зміні станів середовища.

Через вивчення поведінки множини агентів у певному середовищі відповідно до деяких правил взаємодії можливе прогнозування поведінки системи в цілому

Мета агентних моделей – отримати уявлення про ці глобальні правила, загальну поведінку системи, виходячи з припущень про індивідуальну поведінку її окремих активних об'єктів і про взаємодію цих об'єктів в системі.

На даний момент не існує стандартної мови агентного моделювання. Структура агентної моделі може бути визначена як графічно, так і за допомогою сценаріїв. Поведінка агента може бути задана різними способами. Якщо у агента є стан, від якого залежать його дії та реакції, то його поведінку найкраще задавати за допомогою діаграми станів. Іноді поведінка агента задається діями, що виконуються при настанні певних подій.

1.9 Когнітивне моделювання

Під когнітивними технологіями розуміється широкий спектр технологій раціоналізації та формалізації інтелектуальних систем створення та функціонування знань, експертизи, комунікації та прийняття рішення. Когнітивні інформаційні технології являють собою сукупність методів, прийомів, дій, процесів, що здійснюються в певній послідовності, інструментальних засобів (ПК), що дозволяють перетворити вхідну інформацію у варіанти управлінського рішення.

В даний час когнітивний підхід є напрямом дослідження великих систем, до яких належать соціально-економічні, політичні, екологічні системи. Метологія когнітивного моделювання розвивається у напрямку вдосконалення апарату аналізу, моделювання та пошуку рішень у слабоформалізованих та погано структурованих ситуаціях за відсутності або неповної інформації про процеси, що відбуваються в таких ситуаціях та умовах швидких змін.

1.10 Ситуаційне моделювання

Ситуаційне моделювання – метод дослідження ситуацій, що включає в себе побудову моделі реальної ситуації та проведення з нею різноманітних уявних експериментів: прогнозування напрямів її розвитку та (або) «програвання» на ній гаданих рішень з управління ситуацією з метою вибору оптимального. З метою дослідження ситуацій різного виду розробляють комп'ютерні аналітичні та імітаційні моделі для прикладних застосувань.

1.11 Області застосування імітаційного моделювання

Імітаційне моделювання довело свою успішність у багатьох сферах застосування. Поява нових методів моделювання та зростання обчислювальної потужності комп'ютерів дозволяє стверджувати, що кількість цих областей лише зростатиме.

На рисунку 1.5 представлено розподіл областей застосування імітаційного моделювання відповідно до рівнів абстракції, що використовуються в моделях.

У нижній частині малюнка розташовуються моделі фізичного рівня, де об'єкти реального світу моделюються максимально докладно. На цьому рівні враховується фізична взаємодія, розміри, швидкість, відстань.

Моделі, розташовані у верхній частині схеми, абстрактніші і найчастіше оперують узагальненими поняттями, такими як сукупність споживачів або статистика рівня зайнятості, а не окремими об'єктами.

Інші моделі мають середній рівень абстракції.

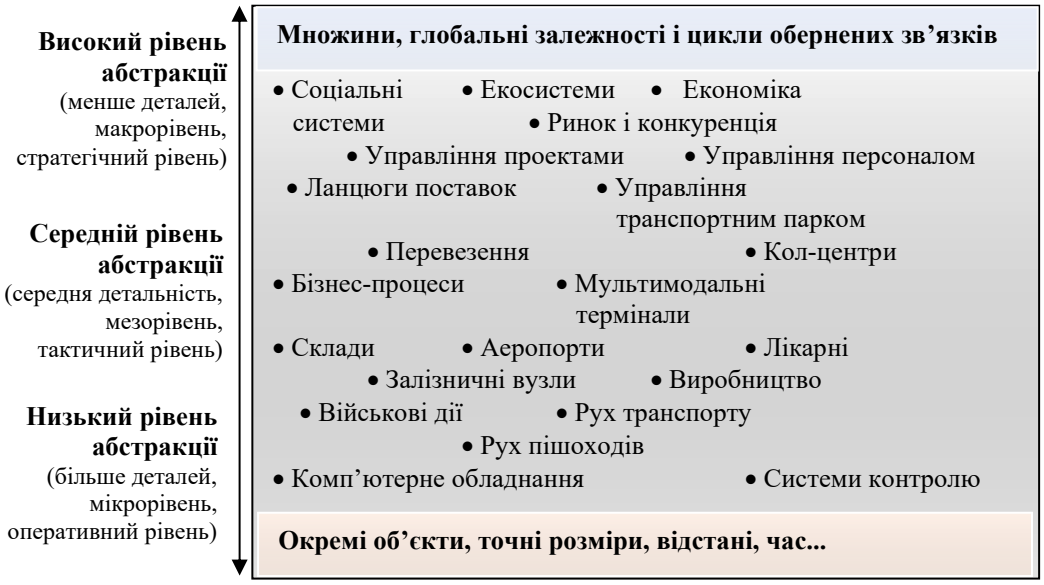


Рисунок 1.5 – Застосування імітаційного моделювання

Основні переваги імітаційного моделювання.

1. Імітаційні моделі дозволяють аналізувати системи і знаходити рішення в тих випадках, коли такі методи, як аналітичні обчислення та лінійне програмування не справляються із завданням.

2. Після визначення рівня абстракції, розробляти імітаційну модель буде набагато простіше, ніж аналітичну, оскільки процес створення моделі буде модульним.

3. Структура імітаційної моделі природним чином відображає структуру системи, що моделюється.

4. Імітаційна модель дозволяє відстежувати всі об'єкти системи, враховані в обраному рівні абстракції, додавати дані та проводити статистичний аналіз.

5. Однією з головних переваг імітаційного моделювання є можливість програвати модель у часі та анімувати її поведінку. Анімація буде незаперечною перевагою при демонстрації моделі і може виявитися корисною для верифікації моделі та знаходження помилок.

6. Імітаційні моделі набагато переконливіші за електронні таблиці.

ТЕМА 2 ЕТАПИ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ [1,4,5]

2.1 Етапи моделювання

Моделювання – від постановки задачі до отримання результатів проходить такі етапи.

І. Аналіз вимог та проєктування.

1. Постановка та аналіз задачі та мети моделювання.
2. Збір та аналіз вихідної інформації про об'єкт моделювання.
3. Побудова концептуальної моделі.
4. Перевірка достовірності концептуальної моделі.

II. Розробка моделі.

1. Вибір середовища моделювання.
2. Упорядкування логічної моделі.
3. Призначення властивостей модулів моделі.
4. Задання модельного часу.
5. Верифікація моделі.

III. Проведення експерименту.

1. Запуск моделі, прогін моделі.
2. Варіювання параметрів моделі та збір статистики.
3. Аналіз результатів моделювання.

IV. Підбиття підсумків моделювання згідно з поставленою метою та задачею моделювання.

На першому етапі моделювання – «Аналіз вимог та проєктування» – формулюється концептуальна модель, будується її формальна схема та вирішується питання про ефективність та доцільність моделювання системи.

Концептуальна модель (КМ) – це абстрактна модель, що визначає склад і структуру системи, властивості елементів та причинно-наслідкові зв'язки, що властиві аналізованій системі та суттєві для досягнення цілей моделювання.

На другому етапі моделювання – «Розробка моделі» – відбувається уточнення або вибір програмного пакета моделювання. Програмні та технічні засоби вибираються з урахуванням ряду критеріїв. Неодмінна умова при цьому – достатність і повнота засобів реалізації концептуальної моделі. Серед інших критеріїв можна назвати доступність, простоту та легкість освоєння, швидкість та коректність створення програмної моделі.

Для того, щоб виконати підетап «*Завдання модельного часу*» введемо поняття модельного часу.

В імітаційній моделі змінна, що забезпечує поточне значення модельного часу, називається *годинником модельного часу*. Існує два основних підходи до просування модельного часу: *рух часу від події до події* та *рух часу з постійним кроком*.

Підхід, що використовує *просування часу в моделі від події до події*, застосовується всіма основними імітаційними програмами та більшістю розробників, які створюють свої моделі універсальними мовами. На рисунку 2.1 вигнуті стрілки ілюструють просування годинника модельного часу.

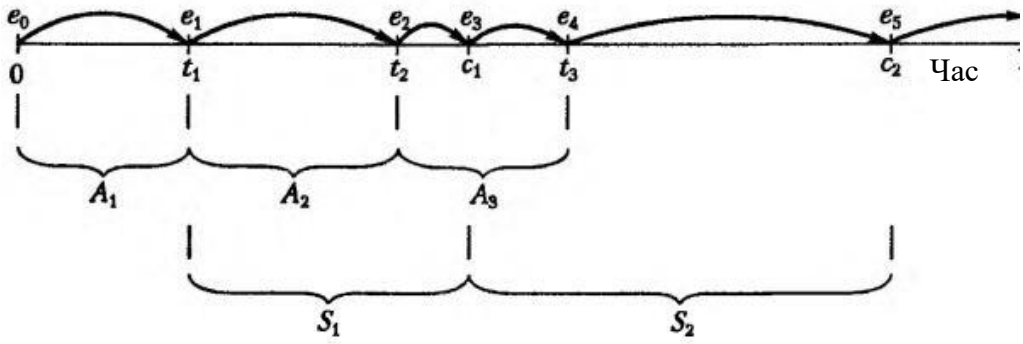


Рисунок 2.1 – Механізм просування часу від події до події

В момент часу e_0=0 пристрій перебуває у стані незайнятості. Час надходження першої заявки визначається шляхом генерації значення A_1 і додавання його до 0. Після цього годинник модельного часу переходить на час виникнення найближчої події, і в цей момент оновлюється стан системи з урахуванням події, що відбулася, та інформації про час виникнення майбутніх подій. Потім годинник модельного часу просувається до часу виникнення наступної (нової) найближчої події, оновлюється стан системи і визначається час майбутніх подій, і т. д. Процес просування модельного часу від часу виникнення однієї події до часу виникнення іншої триває доти, доки не буде виконана будь-яка умова зупинки, вказана заздалегідь. Слід зазначити, що тривалість інтервалу руху модельного часу від однієї події до іншої може бути різною.

При просуванні часу з постійним кроком Δt годинник модельного часу просуваються точно на Δt одиниць часу для будь-якого відповідного вибору значення Δt. Після кожного оновлення годинника виконується перевірка, щоб визначити, чи відбулися якісь події протягом попереднього інтервалу часу Δt чи ні. Якщо на цей інтервал заплановано одну або кілька подій, вважається, що ці події відбуваються наприкінці інтервалу, після чого стан системи та статистичні лічильники відповідним чином оновлюються. Просування часу у вигляді постійного кроку показано на рисунку 2.2, де вигнуті стрілки показують просування годинника модельного часу, а e_i (i=1,2,...) – це дійсний час виникнення події i будь-якого типу, а не значення годинника модельного часу.

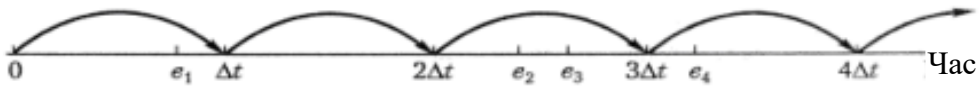


Рисунок 2.2 – Приклад просування модельного часу за допомогою постійного кроку

На інтервалі [0, Δt] подія відбувається в момент часу e_1, але вона

розглядається як подія в момент часу Δt. На інтервалі [Δt, $2\Delta t$] події не відбуваються, але все ж таки модель виконує перевірку, щоб переконатися в цьому. На інтервалі [$2\Delta t$, $3\Delta t$] події відбуваються в моменти часу e_2 і e_3, проте вважається, що вони сталися в момент часу $3\Delta t$ і т. д. Таким чином, просування часу за допомогою постійного кроку має два недоліки: виникнення помилок, пов'язаних з обробкою подій наприкінці інтервалу, протягом якого вони відбуваються, а також необхідність вирішувати, яку подію обробляти першою, якщо події, що насправді відбуваються в різний час, розглядаються як одночасні.

Зважаючи на цю обставину, просування часу за допомогою постійного кроку не використовують у дискретно-подієвих імітаційних моделях, коли інтервали часу між послідовними подіями можуть значно відрізнятися за своєю тривалістю.

Третій етап – «Проведення експерименту» – є вирішальним, у якому, завдяки процесу імітації модельованої системи, відбувається збирання необхідної інформації, її статична обробка в інтерпретації результатів моделювання, у результаті приймається рішення: або дослідження буде продовжено, або завершено. Якщо відомий результат, можна порівняти його з отриманим результатом моделювання. Якщо результати не відповідають цілям моделювання (реальному об'єкту або процесу), значить, допущені помилки на попередніх етапах або вхідні дані не є коректними, тому розробник повертається до одного з попередніх етапів.

Підетап «*Аналіз результатів моделювання*» представляє собою всебічний аналіз одержаних результатів з метою отримання рекомендацій по проектуванню системи або її модифікації.

На четвертому етапі «Підбиття підсумків моделювання згідно поставленої мети та завдання моделювання» проводять оцінку виконаної роботи, зіставляють поставлені цілі з отриманими результатами та створюють остаточний звіт щодо виконаної роботи.

2.2 Компоненти дискретно-подієвої імітаційної моделі та їх організація

Дискретно-подієва імітаційна модель, яка використовує механізм просування часу від події до події і написана універсальною мовою, містить наступні компоненти:

- *стан системи* – сукупність змінних стану, необхідних для опису системи у певний час;
- *годинник модельного часу* – змінна, що вказує на поточне значення модельного часу;
- *список подій* – список, що містить час виникнення кожного наступного типу подій;

- *статистичні лічильники* – змінні, призначені для зберігання статистичної інформації про характеристику системи;
- *програма іншціалізації* – підпрограма, що встановлює імітаційну модель у початковий стан в момент часу, рівний 0;
- *синхронізуюча програма* – підпрограма, яка відшуковує наступну подію у списку подій і потім переводить годинник модельного часу на час виникнення цієї події;
- *програма обробки подій* – підпрограма, яка оновлює стан системи, коли відбувається подія визначеного типу (для кожного типу подій існує окрема програма обробки подій);
- *бібліотечні програми* – набір підпрограм, що застосовуються для генерації випадкових спостережень з розподілу ймовірностей, які були визначені як частина імітаційної моделі;
- *генератор звітів* – підпрограма, яка зчитує оцінки (зі статистичних лічильників) критеріїв оцінки роботи і видає звіт по закінченні моделювання;
- *основна програма* – підпрограма, яка викликає синхронізуючу програму для того, щоб визначити наступну подію, а потім передає управління відповідній подієвій програмі з метою забезпечення заданого оновлення стану системи.

Логічні зв’язки (потік управління) між вказаними компонентами показані на рисунку 2.3.

Як уже зазначалось, система – це чітко визначена сукупність об'єктів. Об'єкти характеризуються за допомогою значень, іменованих *атрибутами*. У дискретно-подієвій імітаційній моделі ці атрибути є частиною стану системи. Об'єкти з будь-якою загальною властивістю часто об'єднуються у *списки* (у *файли*, або *набори*). Для кожного об'єкта існує запис у списку, що складається з атрибутів об'єктів.

Організація та функціонування дискретно-подієвої моделюючої програми, в якій застосовується механізм просування часу від події до події, досить типові. Такий підхід до імітаційного моделювання називається *плануванням подій*, оскільки час майбутніх подій явно вказаний у моделі та запланований у модельному майбутньому.

В той же час існує альтернативний підхід до імітаційного моделювання, що називається *процесним підходом*.

При цьому моделювання розглядається з точки зору окремих об'єктів, що беруть участь у ньому, і розроблений код описує «досвід» окремого «типового» об'єкта в міру його «переміщення» по системі.

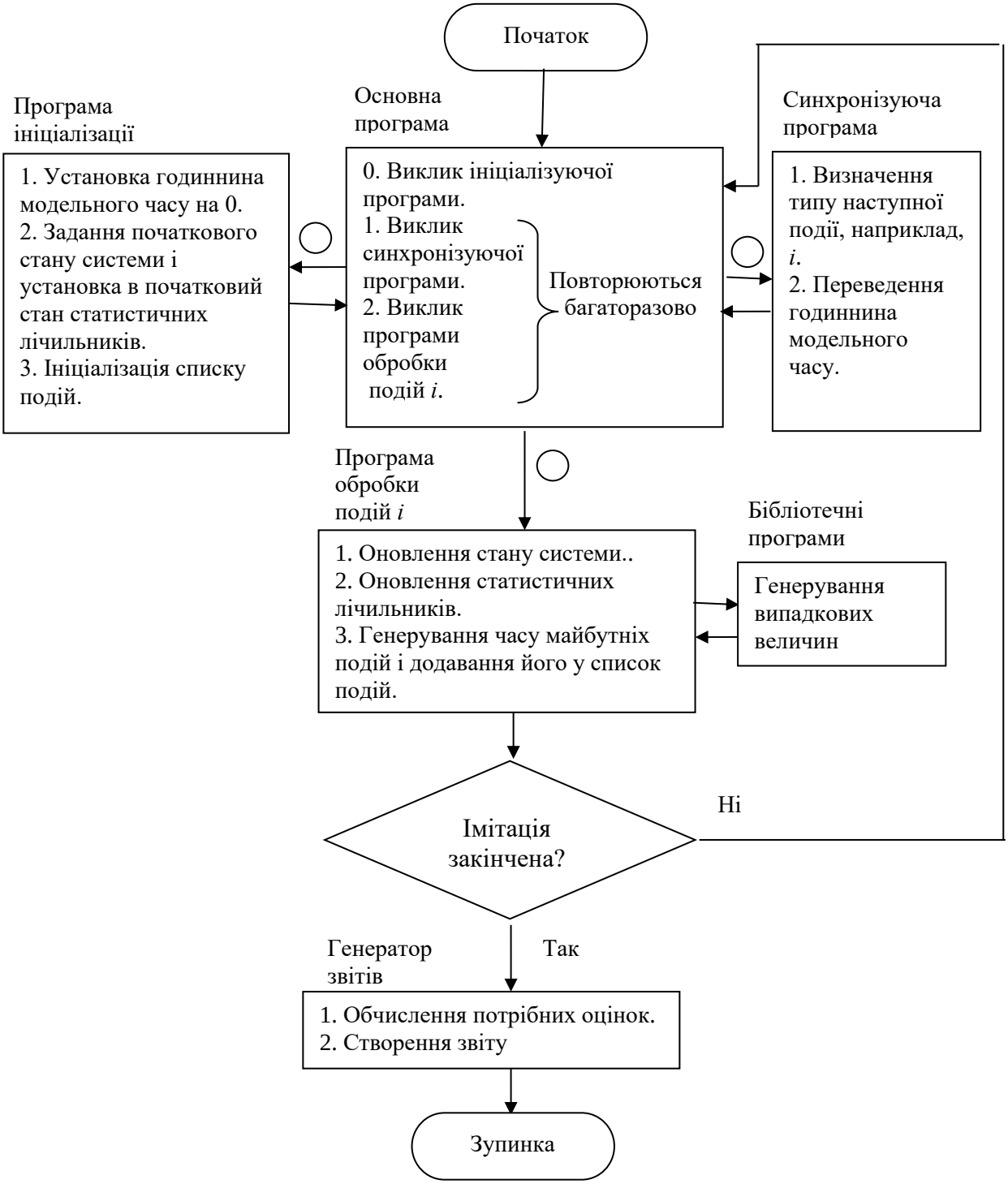


Рисунок 2.3 – Потік керування у механізмі просування часу від події до події

Схема процесу, що відповідає надходженню об'єкта в систему та його обслуговування єдиним пристроєм, показано на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Схема процесу просування об'єкта у системі.

У системі чи імітаційній моделі може бути кілька різних процесів. Кожному з них відповідає програма, в якій описується вся «історія існування» об'єкта в міру його переміщення в даному процесі. Програма процесу забезпечує просування модельного часу. На відміну від програми обробки подій у програмі процесу може бути кілька точок входу.

Першою подією у списку подій є поступлення об’єкта в систему. Запис для надходження наступнго об’єкта міститься у переліку подій. Наступний об’єкт надійде в момент часу, рівний часу надходження поточного об’єкта плюс час між надходженнями. Якщо пристрій зайнятий, об’єкт поміщається в кінець черги і чекає, поки він не буде обраний пристроєм обслуговування в деякий момент часу в модельному майбутньому. Така ситуація називається *умовним очікуванням*. Якщо пристрій вільний, обслуговування об’єкта починається негайно.

2.3 Методи дослідження імітаційних моделей

Модель системи призначена для отримання інформації про властивості реального об’єкта. Ця інформація накопичується в результаті проведення ряду експериментів. При цьому «експеримент» представляє собою виконання комп'ютерної імітаційної моделі.

У термінології планування експериментів вхідні змінні та структурні припущення, що становлять модель, називаються *факторами*, а вихідні показники роботи – *відгуками*.

Фактори можуть бути або *кількісними*, або *якісними*. Кількісні фактори, як правило, припускають числові значення, тоді як якісні фактори зазвичай представляють собою структурні припущення, які не вимірюються кількісно.

При проведенні імітаційних експериментів розрізняють *керовані* і *не керовані фактори* залежно від того, чи може управління відповідними реальними системами керувати ними, чи ні. В імітаційному моделюванні доступне управління всіма факторами незалежно від їх практичної керованості.

При моделюванні перед виконанням прогонів моделі *планування*

експериментів дозволяє вирішити, які саме конфігурації слід створювати, щоб отримати потрібну інформацію при найменшому обсязі моделювання.

Спеціальні засоби планування експериментів дозволяють скласти план проведення експериментів, що забезпечує збір необхідної для отримання обґрунтованих висновків інформації, при мінімальних витратах.

На першому етапі планування дослідник задає:

– кількість варійованих факторів;

– кількість рівнів кожного фактора (рівнями називають ті кількісні або якісні значення фактора, при яких можливо проводити експеримент);

– область зміни факторів;

– необхідну точність та довірчу ймовірність вимірювання відгуку моделі.

Кількість рівнів найчастіше приймають рівним двом, що відповідає припущенню про лінійну залежність відгуку моделі від факторів.

На другому етапі приступають до *тактичного* планування експерименту, метою якого є визначення таких умов експерименту, що забезпечать вимірювання відгуку моделі з заданою точністю та довірчою ймовірністю. В результаті цього етапу планування повинні бути визначені тривалість одного прогону (в одиницях модельного часу) і кількість прогонів.

На третьому етапі приступають до *стратегічного* планування експериментів, метою якого є визначення такої серії експериментів, що забезпечить отримання бажаної інформації про відгук моделі при мінімальних затратах. В результаті цього етапу планування потрібно визначити тип аналізу, який буде використаний, та побудувати матрицю планування відповідно до обраного типу аналізу та заданої кількості факторів.

За матрицею планування проводиться серія експериментів і за їх результатами будується рівняння регресії.

ТЕМА 3 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ [1,4,5]

3.1 Переваги та недоліки моделювання систем

Імітаційне моделювання широко застосовується у світі на дослідження складних систем. Цьому сприяють переваги, властиві цьому методу.

1. Більшість складних реальних систем з ймовірнісними параметрами не можна точно описати з використанням математичних моделей.

2. Шляхом моделювання можна розробити ряд альтернативних варіантів моделей системи і потім визначити, який найбільш відповідає вхідним вимогам.

3. Імітаційне моделювання часом набагато менш затратне, ніж проведення експериментів із реальними системами. Тим більше що іноді експерименти на

реальних системах в принципі неможливі.

4. Моделювання дозволяє вивчити тривалий інтервал функціонування системи у стислі терміни чи, навпаки, вивчити докладніше роботу системи у розгорнутий інтервал часу.

5. При динамічному імітаційному моделюванні можна отримувати будь-яку кількість оцінок імовірнісної моделі, проводячи її прогони. Детальне вивчення одержаних оцінок прийнятно використовувати при оптимізації моделі.

Найбільш відомими і найбільш поширеними засобами формалізації процесів функціонування дискретних систем є мережі масового обслуговування та мережі Петрі.

Мережі масового обслуговування призначені для опису процесів обробки, таких як виробничі процеси, бізнес-процеси, і представляють великий, але чітко обмежений клас систем.

Мережі Петрі є більш могутнім засобом формалізації дискретних процесів і описують системи із найскладнішими зв'язками, в тому числі управляючими.

3.2 Системи масового обслуговування

Основні поняття.

Система масового обслуговування (СМО) – це система, яка обслуговує вимоги, що надходять до неї (заявки).

Вимоги (заявки) на обслуговування надходять через дискретні (постійні або випадкові) інтервали часу.

Канали – прилади, необхідні для обслуговування цих заявок. Обслуговування триває деякий час, постійний або випадковий

Мережі масового обслуговування функціонують за наступними простими правилами. Вимоги, що надходять на обслуговування, проходять одну за одною СМО згідно вказаного маршруту. На вході кожної СМО вимога намагається знайти один вільний пристрій з декількох паралельно функціонуючих. Правило, за яким вимога обирає той чи інший пристрій за умови, що вони вільні, може бути вказано окремо відповідно до процесу функціонування реальної системи. Якщо всі пристрої однакові, то вимога переглядає пристрої по порядку і займає перший, що виявився вільним. Якщо в момент надходження вимоги до СМО всі пристрої виявились зайнятими, то вимога при наявності черги у СМО намагається в неї потрапити, або залишає мережу масового обслуговування і вважається не обслуженою.

Процес роботи СМО представляє собою випадковий процес з дискретними станами та неперервним часом. Стан СМО змінюється стрибком в моменти реалізації подій (надходження нової або закінчення обслуговування вимоги,

моменту, коли вимога, виходить з черги). З вимог, які вже обслуговані, формується вихідний потік. Кожна СМО, залежно від кількості каналів, їх продуктивності, характеру потоку заявок, має деяку пропускну здатність, яка дозволяє їй більш чи менш успішно справлятися з потоком вимог. Задача теорії масового обслуговування полягає в побудові моделей, які пов‘язують задані умови роботи СМО з показниками ефективності системи, що описують її спроможність впоратися з потоком вимог. Під ефективністю обслуговуючої системи розуміють характеристику рівня виконання цією системою функцій, для яких вона призначена.

Класифікація систем масового обслуговування.

Системи масового обслуговування класифікують за різними ознаками.

За наявності черг*:*

1 системи *з відмовами* (з втратами) – заявка, яка надійшла в момент, коли всі канали зайняті, отримує відмову, покидає СМО і надалі не обслуговується.

2 системи *з очікуванням* (без втрат) – заявка, що прийшла в момент, коли всі канали зайняті, не відкидається, а стає в чергу і чекає можливості бути обслугованою. Системи з очікуванням у свою чергу класифікують:

а) *по довжині черги* – з обмеженою довжиною черги, які допускають чергу, але з обмеженою кількістю місць в ній;

b) *за часом очікування* – з обмеженим часом очікування, що допускають чергу, але з обмеженим терміном перебування кожної вимоги в ній;

с) *по дисципліні обслуговування* – з обслуговуванням по пріоритету, що допускають чергу, але деякі заявки обслуговуються поза чергою (тобто по пріоритету).

За кількістю каналів обслуговування*:*

1 *одноканальні*;

2 *багатоканальні*.

За кількістю заявок, які можуть одночасно перебувати в обслуговуючій системі:

1 *з обмеженим потоком вимог;*

2 *з необмеженим потоком вимог*.

За розташуванням обробних пристроїв:

1 *впорядковані* (чергова вимога надходить спочатку на перший пристрій і лише в тому випадку, якщо він зайнята, передаєтьсяна другий …);

2 *невпорядковані* (всі інші системи обслуговування, в яких заявки розподіляються між обробними пристроями за будь-яким іншим принципом).

За місцем знаходження джерела вимог*:*

1 *розімкнені*, коли заявки надходять ззовні мережі і після обробки

залишають її;

2 *замкнуті*, коли деяка кількість заявок весь час знаходиться в ній, переходячи з однієї СМО до іншої, але ніколи не залишаючи мережу МО.

Елементи мережі масового обслуговування.

При графічному представленні мережі МО користуються позначеннями, представленими на схемі (рис. 3.1).

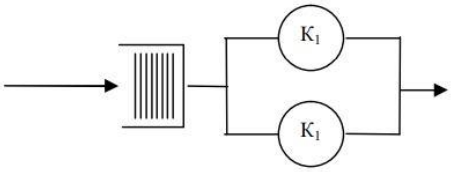
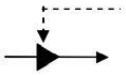
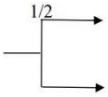
Канал		позначає пристрій
Черга		позначає накопичувач об’єктів
Дуга		позначає маршрут слідування вимоги
Багатоканальна СМО		позначає паралельно з’єднані канали
Блокування		позначає блокування маршруту слідування вимоги
Розгалуження маршруту		позначає вибір маршруту слідування

Рисунок 3.1 – Позначення графічного представлення мережі МО

Розглянемо, наприклад, функціонування мережі МО, яка представлена на рисунку 3.2.

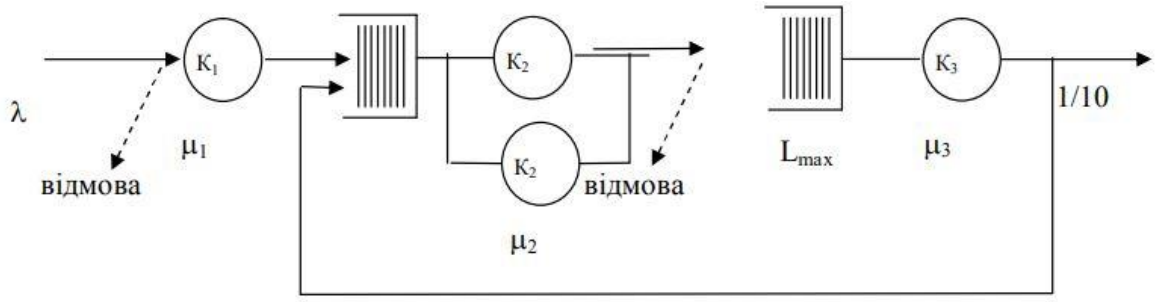


Рисунок 3.2 – Приклад мережі масового обслуговування

Усі об’єкти проходять три етапи обробки – $СМО_1$, $СМО_2$, $СМО_3$. До першої СМО об’єкти надходять на обслуговування з інтенсивністю λ (вимог/од.часу), де обслуговуються пристроєм $К_1$ з інтенсивністю μ_1 (вимог/од.часу). Оскільки в

першій СМО відсутня черга, то об’єкти, що надійшли в момент часу, коли пристрій зайнятий, отримують відмову в обслуговуванні і вважаються не обслуженими мережею МО. Ті об’єкти, що пройшли обслуговування у першому пристрої мережі МО, надходять до другої СМО. У другій СМО об’єкти обслуговуються в одному з каналів обслуговування $К_2$. Якщо в момент надходження об’єкта до другої СМО обидва канали зайняті, об’єкт надходить до черги другої СМО. Обмеження на довжину черги другої СМО не вказане, тому кількість об’єктів, що одночасно знаходяться в цій черзі, може бути будь-якою великою. Коли закінчилось обслуговування вимоги в одному з каналів другої СМО, об’єкт намагається потрапити до третьої СМО. Об’єкт потрапляє на обслуговування в канал третьої СМО, якщо він вільний, в противному випадку він намагається зайняти місце в черзі третьої СМО. Але черга третьої СМО має обмежену кількість місць L_{max}. Це означає, що об’єкт, який намагається потрапити до черги третьої СМО у момент, коли всі місця в ній зайняти, отримує відмову в обслуговуванні.

Об’єкт, який закінчив обслуговування у каналі третьої СМО, з ймовірністю 1/10 повертається до другої СМО для додаткової обробки і з ймовірністю 9/10 виходить з мережі МО як успішно обслугований. Такі повернення на додаткову обробку зустрічаються, наприклад, у системах з пунктами контролю якості: з ймовірністю 9/10 об’єкт проходить перевірку якості успішно і з ймовірністю 1/10 в результаті перевірки виявляється, що об’єкт неякісний і потребує додаткової обробки.

Всім процесам масового обслуговування як простим, так і складним, притаманна одна характерна риса, за якою дослідник приймає рішення про можливість використання мережі масового обслуговування для моделювання досліджуваного процесу: в процесі масового обслуговування вимога не знищується, не з’єднується з іншими вимогами і не розпадається на декілька вимог.

Для того, щоб представити систему засобами мережі масового обслуговування потрібно:

– з’ясувати, що являється в системі об’єктом обслуговування;

– виділити елементи процесу обслуговування об’єктів і кожному елементу поставити у відповідність СМО;

– для кожної СМО визначити кількість пристроїв та наявність черги;

– з’єднати СМО у відповідності до процесу обслуговування;

– визначити маршрут проходження об’єкту обслуговування від однієї СМО до іншої;

– визначити умови надходження в кожну СМО (ймовірність вибору маршруту та інші);

– визначити наявність блокування маршруту та умови блокування;

– визначити числові значення параметрів кожної СМО;

– визначити числові значення параметрів зовнішнього потоку на обслуговування;

– визначити стан мережі масового обслуговування на початку моделювання.

Мережі Петрі.

Мережі Петрі є засобом формального опису процесів функціонування дискретних систем. У дискретній системі зміни її стану трапляються в особливі моменти часу, коли виникають умови для здійснення події. Здійснення події означає зміну стану системи, а значить, виникнення або не виникнення умов для інших подій. Процес функціонування дискретної системи – це упорядкована в часі послідовність подій.

Структура мережі Петрі задається спрямованим двостороннім графом, що складається з позицій і переходів. Основні елементи мережі Петрі представлені на схемі (рис. 3.3).

Перехід		позначає подію
Позиція		позначає умову
Дуга		позначає зв’язки між подіями та умовами
Маркер(один)		позначає виконання (або не виконання) умови

Рисунок 3.3 – Основні елементи мережі Петрі

Події зображуються планками, які називають *переходами*. Умови для виникнення подій зображуються кругами, які називають *позиціями*. Зв’язки між позиціями та переходами зображуються дугами. Виконання (або не виконання) умови зображується наявністю (або відсутністю) *маркера* в позиції. Маркер позначається крапкою.

Переходи в мережі Петрі є подіями, які змінюють стан реальної системи. На рисунку 3.4 наведено приклад інтерпретації мережі Петрі.

Мережа Петрі виконується за допомогою запусків переходів у результаті видалення фішок з його вхідних позицій та додавання в вихідні позиції переходу. Процес продовжується, доки запускається хоч один перехід, або, доки вичерпаний час спостереження мережі Петрі. Послідовність спрацьовувань переходів повністю визначає поведінку мережі. Таким чином, мережа Петрі описує структуру системи, її стан та поведінку.

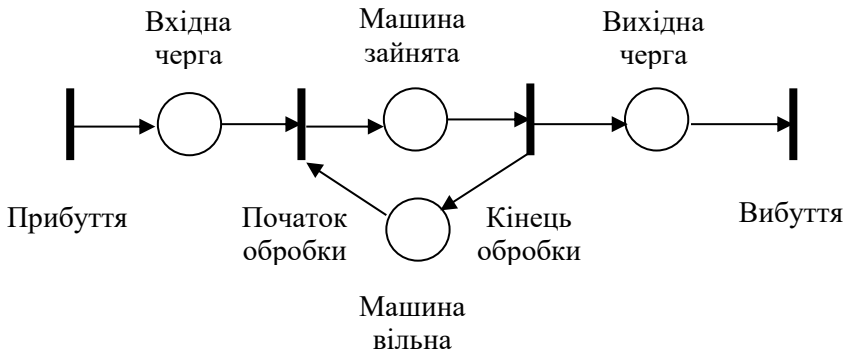


Рисунок 3.4 – Інтерпретація мережі Петрі

ТЕМА 4 СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО [6-8]

4.1 Суть методу Монте-Карло

Методи Монте-Карло (ММК) – група чисельних методів вивчення випадкових процесів. Суть методу полягає в наступному: процес описується математичною моделлю з використанням генератора випадкових величин, модель багаторазово обраховується, на основі отриманих даних обчислюються ймовірнісні характеристики процесу, що розглядається.

Великою перевагою методу Монте-Карло є те, що він дозволяє врахувати у моделі елемент випадковості та складність реального світу. Крім того, метод є робастним по надійним до зміни різних параметрів, таких як розподіл випадкової величини. У основі лежить закон великих чисел.

Одним із типових прикладів використання методу Монте-Карло є задачі, в яких необхідно знайти математичне очікування деякої випадкової величини. Для цього необхідно згенерувати набір випадкових значень цієї величини і визначити середнє. Випадкова величина зазвичай характеризується певним розподілом ймовірностей.

Суть методу Монте-Карло полягає в наступному: для цільової випадкової величини генерується набір випадкових значень, а потім на його основі розраховуються необхідні значення.

Для прогнозування ризиків, прибутковості, термінів окупності та інших фінансових результатів використовується метод Монте-Карло-симуляції. Ймовірність події визначається так: програма вибирає комбінації випадкових значень (наприклад, несприятливих результатів) і виходячи з цього видає усереднений результат. Для знаходження точнішого значення симуляцію слід повторити кілька разів.

Програмне забезпечення застосовується різне – від знайомого усім Excel до вузькоспеціалізованих програмних продуктів, які використовуються фінансовими

аналітиками, фізиками, програмістами, трейдерами та ін.

4.2. Схема методу Монте Карло

Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло представляє собою визначення математичного очікування (середнього значення випадкової величини) шляхом проведення певної кількості симуляцій (випробувань).

Тобто, потрібно знайти значення математичного очікування A деякої величини, що вивчається. Для цього вибирають таку випадкову величину X, математичне очікування якої дорівнює A: $M(X) = A$. Практично ж поступають так: проводять N випробувань, в результаті яких отримують N можливих значень X, обчислюють їхнє середнє арифметичне і приймають його як оцінку (наближене значення) шуканого числа A.

Спрощено схему алгоритму можна представити у наступному вигляді (рис 4.1).

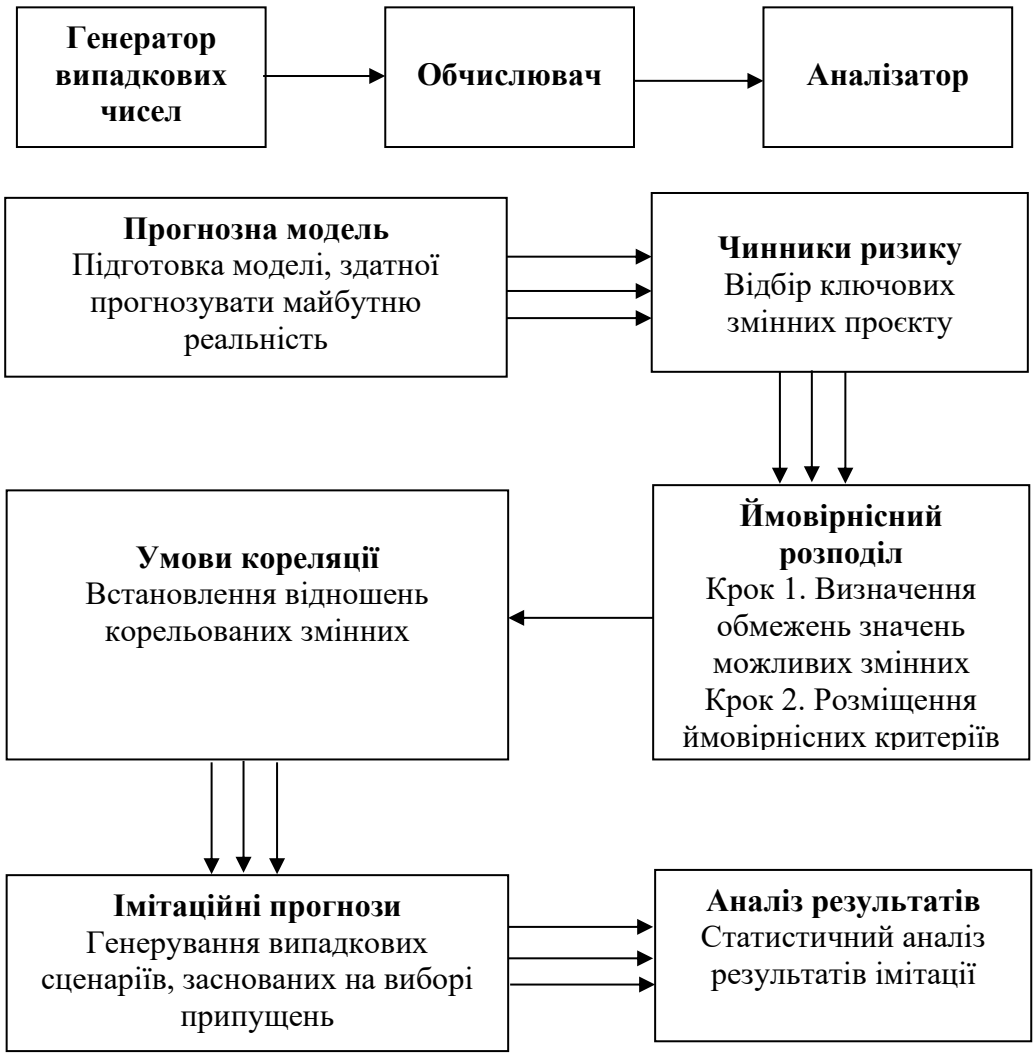


Рисунок 4.1 – Спрощена схема алгоритму Монте-Карло.

Перший етап – розробка прогнозної моделі, передбачає формування очікуваної імітаційної моделі, яка повинна адекватно відображати майбутній сценарій реалізації проєкту.

Другий етап – виявлення чинників ризику, включає відбір ключових змінних для моделювання.

Третій етап – визначення умов кореляції, полягає у встановленні формальної залежності між результативним показником і відібраними ключовими змінними.

Четвертий етап – імовірнісний розподіл відібраних ключових змінних, передбачає здійснення таких кроків:

1) визначення обмежень можливої зміни відібраних ключових змінних;

2) встановлення ймовірнісної ваги за межами значень.

П'ятий етап – імітаційне прогнозування, вимагає генерування випадкових сценаріїв реалізації проєкту з використанням вибраних допущень.

Шостий етап – аналіз отриманих результатів, потребує здійснення статистичної оцінки та інтерпретації одержаних результатів імітації.

Вхідні дані.

Дані для отримання необхідної величини визначаються шляхом стохастичної (випадкової) вибірки. Щоб було зрозуміліше, наведемо найпростіший приклад із комп'ютерних ігор.

Припустимо, у нас є комп'ютерна гра, в яку ми грали багато разів. При цьому ведеться статистика: зіграно 100 ігор, із них 30 перемог, 70 поразок. Це буде вхідними даними. А рішення буде таким: ймовірність перемоги – 30 %, програшу – 70 %.

Процес моделювання методом Монте-Карло.

Під час створення моделі всі невизначені чинники замінюються діапазоном можливих значень. Наприклад, жоден аналітик, який займається оцінкою ризиків, не може знати, яким буде курс євро через 3-5 років. Програма дозволяє встановити діапазон значень на розсуд фахівця.

Далі система розподіляє ймовірність. Для оцінки різних параметрів застосовуються варіанти розподілу:

Нормальний розподіл.

Крива нормального розподілу або крива Гаусса виглядає так (рис. 4.2).

Значення випадкової величини, розташоване посередині, характеризує найвищу ймовірність. Для побудови кривої використовуються статистичні дані: очікуване значення та стандартне відхилення. Такий варіант розподілу підійде, наприклад, до прогнозування розрахунку вартості комунальних послуг у майбутньому.



Рисунок 4.2 – Крива Гаусса

Рівномірний розподіл.

Усі події можуть наступити з однаковою ймовірністю, користувачеві потрібно лише встановити мінімум та максимум. Крива рівномірного розподілу має вигляд прямокутника. На графіку (рис. 4.3) a та b – мінімальні значення, C – ймовірність виникнення події. Підійде до розрахунку умовно-постійних витрат у короткостроковому періоді.

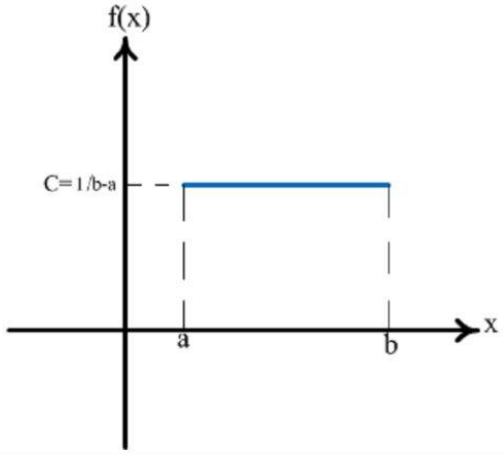


Рисунок 4.3 – Крива рівномірного розподілу

Логнормальний розподіл.

Використовується для розрахунку параметрів, які не можуть набувати від'ємного значення, але можуть зростати до нескінченності. Приклад: ціни на енергоносії. Графік логнормального розподілу має несиметричний вигляд (рис. 4.4).

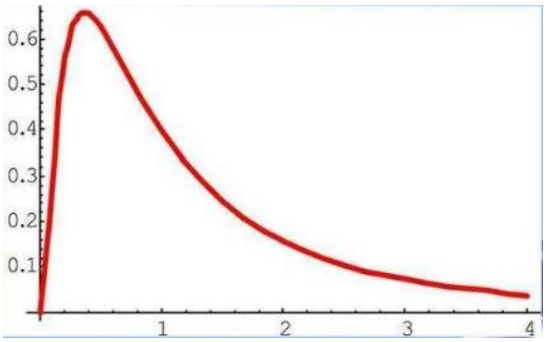


Рисунок 4.4 – Крива логнормального розподілу

Дискретний розподіл.

Може застосовуватися, наприклад, для комп'ютерних ігр, де обчислюється відсоток перемог та поразок. Користувачеві потрібно обчислити потрібні значення у складі можливих.

Трикутний розподіл.

Визначаються точки мінімуму, максимуму та максимальної ймовірності (рис. 4.5). Значення, близькі до точки максимальної ймовірності, приймаються як можливі. Цей варіант застосовується для аналізу продажів, котирувань цінних паперів, прогнозу фінансових результатів за підсумками діяльності та ін. Трикутний розподіл підходить для імітаційного моделювання ризиків методом Монте-Карло.

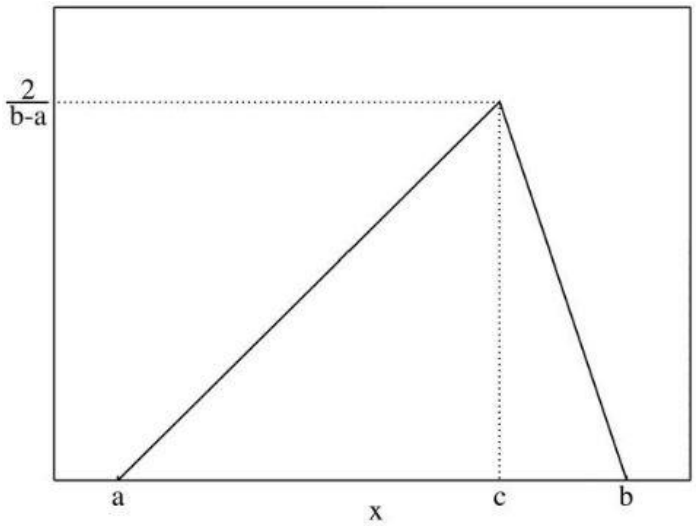


Рисунок 4.5 – Крива трикутного розподілу

Таким чином, імітаційне моделювання методом Монте-Карло виконується багаторазово. За результатами всіх операцій отримується вибірка значень, результати систематизуються і визначається підсумкова ймовірність події.

Вихідні дані.

Вихідними або підсумковими даними імітаційного моделювання за методом

Монте-Карло можуть бути числові значення чи відсотки. В окремих випадках значення можуть знаходитись увсередині діапазону.

4.3 Переваги та недоліки методу Монте-Карло

Перевагами методу Монте-Карло є:

– простота та універсальність – метод може застосовуватися практично до будь-якого типу даних;

– метод дозволяє враховувати як певний тип даних окремо, так і взаємозв'язки між різними типами даних;

– метод можна застосовувати там, де не спрацьовують звичні методи дослідження, засновані на математичних розрахунках.

Недоліки методу Монте-Карло:

– іноді потрібне проведення великої кількості випробувань, що може тривати багато часу;

– для виконання симуляцій методом Монте-Карло у програмі необхідно залучати кваліфікованих фахівців;

– метод не може дати достовірну оцінку для подій, що характеризуються дуже низькою чи дуже високою ймовірністю настання.

4.4 Генератори випадкових величин

Способи генерування випадкових величин. Імітаційні моделі складних систем містять випадкові величини, що мають різні закони розподілу. При побудові алгоритму імітації ці випадкові величини реалізуються генераторами випадкових чисел. Від якості генераторів випадкових чисел, що використовуються, залежить точність результатів імітаційного моделювання.

Відомі наступні способи генерування випадкових величин:

– зберігання у комп’ютері таблиці випадкових чисел і отримання потім з неї даних для імітаційного моделювання;

– використання деякого фізичного пристрою, наприклад електронної лампи, для генерації випадкового шуму;

– застосування рекурсивних формул коли на підставі *i*-того випадкового числа обчислюється *i+1*-ше випадкове число.

Недоліком першого способу є зберігання великого обсягу інформації та повільна швидкість. Недоліком другого способу – неможливість направленого експерименту з параметрами моделі. Третій спосіб не має недоліків попередніх способів і в теперішній час є найбільш прийнятним.

Випадкові величини моделюються на ЕОМ з допомогою програмних давачів випадкових величин. Давач випадкових величин – це програма, яка видає на запит

одне випадкове значення випадкової величини $z \in \{0 \le t \le 1\}$. Шляхом багаторазового звернення до давача випадкової величини отримують вибірку незалежних випадкових значень.

Генератори випадкових чисел, що рівномірно розподілені на інтервалі (0; 1), зазвичай є вбудованими в програмне забезпечення. Тому досліднику, як правило, не доводиться самостійно будувати такі генератори.

ТЕМА 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ [4]

Одне з найбільш важливих рішень, які доводиться приймати розробникам моделей або аналітикам, стосується вибору програмного забезпечення. Якщо програмне забезпечення недостатньо гнучке або з ним складно працювати, то імітаційне моделювання може дати неправильні результати або виявитися взагалі невиконуваним.

Використання *пакета імітаційного моделювання* порівняно із застосуванням універсальної мови програмування дає кілька переваг.

– Пакети імітаційного моделювання автоматично надають більшість функціональних можливостей, потрібних для створення імітаційної моделі, що дозволяє істотно скоротити час, необхідний для програмування, і загальну вартість проєкту.

– Пакети імітаційного моделювання забезпечують природне середовище для створення імітаційних моделей. Їх основні моделіюючі конструкції, більше підходять для імітаційного моделювання, ніж відповідні конструкції в універсальних мовах програмування.

– Імітаційні моделі, які створені за допомогою пакетів моделювання, як правило, простіше модифікувати та використовувати.

– Пакети імітаційного моделювання забезпечують досконаліші механізми виявлення помилок, оскільки вони виконують автоматичний пошук помилок багатьох типів.

Тим не менше, деякі імітаційні моделі (особливо пов'язані з оборонною сферою), як і раніше, створюються за допомогою *універсальних мов* моделювання, які теж мають деякі переваги.

- Мови програмування знає більшість розробників, чого не можна сказати про пакети імітаційного моделювання.

- Швидкість виконання прогону імітаційних моделей, написаних універсальними мовами, зазвичай вища, ніж моделей, створених за допомогою

пакетів імітаційного моделювання (це пов'язано з тим, що такі пакети часто розробляються для найрізноманітніших систем за допомогою одного набору моделей конструкцій, тоді як програма може бути успішніше написана під конкретну систему). Однак з появою недорогих швидкодіючих персональних комп'ютерів ця перевага дещо втратила свою актуальність.

- При програмуванні універсальні мови забезпечують більшу гнучкість, ніж пакети імітаційного моделювання.
- Вартість застосовуваного програмного забезпечення зазвичай нижча.

5.1 Класифікація програмних засобів імітаційного моделювання

Історично пакети імітаційного моделювання розділилися на два основні типи: мови імітаційного моделювання та предметно-орієнтовані програми моделювання.

Мови імітаційного моделювання за своєю природою універсальні, розробка моделі тут має на увазі написання коду. У цілому вони надають досить гнучкі можливості моделювання, але часто складні у використанні.

Програми моделювання орієнтовані на вирішення певної задачі, в них модель розробляється з використанням графіки, діалогових вікон і меню, що розкриваються. Програми моделювання іноді простіше вивчати і використовувати, але при вирішенні деяких завдань вони не можуть забезпечити достатню гнучкість моделювання.

Таким чином, існує два типи пакетів імітаційного моделювання. *Універсальні пакети імітаційного моделювання* призначені для різних цілей, але вони можуть мати спеціальні функції для вирішення одного конкретного виду задач (наприклад, моделювання виробничих систем, систем зв'язку або модернізації технологій виробництва).

Предметно-орієнтовані пакети імітаційного моделювання служать для вирішення спеціальних задач, таких, як моделювання роботи виробничих систем, медичних закладів, центрів виконання замовлень.

5.2 Можливості програм імітаційного моделювання

При виборі програмних засобів імітаційного моделювання слід враховувати всі можливості, що надаються ними, які можна об'єднати в наступні групи:

- основні характеристики;
- сумісність обладнання та програмного забезпечення;
- анімація;
- засоби отримання та обробки статистичних даних;
- послуги, що надаються замовникам та документація;

- звіти з вихідними даними та графіками

Найважливішою властивістю, яку повинен мати програмний продукт імітаційного моделювання, є *гнучкість при моделюванні*, тобто можливість моделювати системи з різним рівнем складності технологічних операцій.

Наступною важливою властивістю засобів імітаційного моделювання є *простота в застосуванні* (і вивченні), тому багато сучасних пакетів моделювання забезпечені графічним інтерфейсом користувача.

Для складних систем може виявитися корисним ієрархічне моделювання. *Ієрархія* дозволяє згрупувати кілька конструктивних основних елементів моделювання в нові структурні компоненти вищого рівня. Ці нові структурні компоненти потім можна об'єднати в структурні компоненти ще вищого рівня і т. д.

При моделюванні багатьох систем дуже важливою є висока *швидкість роботи* моделі.

Ще одна корисна можливість полягає у *збереженні стану моделі в кінці прогону* і використанні збережених даних для того, щоб пізніше відновити моделювання.

Нарешті, при купівлі програмних засобів імітаційного моделювання велике значення має їхня *вартість*.

При виборі програмного засобу імітаційного моделювання необхідно звертати увагу на те, для якої *комп'ютерної платформи* воно призначене. Майже всі програмні засоби працюють на персональних комп'ютерах із системою Windows, деякі працюють на робочих станціях UNIX та комп'ютерах Apple. Якщо пакет може працювати на різних платформах, тоді він має забезпечувати *сумісність із іншими платформами*. Крім того, слід врахувати необхідний *обсяг оперативної пам'яті*. Потрібно також пам'ятати про те, *які операційні системи підтримує пакет*.

Наявність у багатьох пакетах вбудованих засобів анімації – одна з причин зростання інтересу до імітаційного моделювання. При використанні *анімації* всі ключові елементи системи представлені на екрані піктограмами, які динамічно змінюють своє положення, колір і форму в процесі розвитку імітаційної моделі в часі.

Існує *два основних типи анімації*: спільна і роздільна (також називається відтворенням).

Спільна анімація здійснюється під час прогону імітаційної моделі. Але треба мати на увазі, що зазвичай при виконанні робочих прогонів анімація відключається, так як вона уповільнює їх виконання.

При *роздільній анімації* зміни стану системи зберігаються у файлі на диску і

застосовуються для керування графікою *після* завершення моделювання. У деяких програмних засобах імітаційного моделювання реалізовано обидва типи анімації.

До засобів анімації також висуваються певні ***вимоги***.

Перш за все, необхідно, щоб програмне забезпечення імітаційного моделювання використовувало *анімацію за умовчанням* як частину процесу створення моделі.

Оскільки в першу чергу засоби анімації необхідні для візуалізації роботи системи та обміну інформацією, повинна існувати можливість створення піктограм *з високою роздільною здатністю* та збереження їх для подальшого застосування.

Крім того, потрібно, щоб програмні середовища були оснащені *бібліотекою стандартних піктограм* і забезпечували плавний рух піктонрам.

Також повинен існувати елемент керування для *прискорення або уповільнення* ефектів анімації.

Необхідна й можливість *збільшення або зменшення масштабу* зображення, а також *прокручування* зображення для перегляду різних частин системи, якщо вона повністю не поміщається на екрані.

Бажано, щоб для аніматії застосовувалася *векторна графіка, а не растрова*. Перший вид графіки забезпечує обертання об'єктів (скажімо, несучого гвинта вертольота) і збереження напряму руху (наприклад, транспортного засобу, що здійснює поворот).

Деякі пакетіви імітаційного моделювання забезпечують *об'ємну (тривимірну) анімацію*. У пакетах з тривимірною анімацією можна надати глядачеві можливість переміщатися по системі на певному об'єкті.

Повинна існувати можливість *застосування* в анімації *імпортованих CAD-креслень та графічних об'єктів Clip Art.*

Часто може бути корисним виведення на екран *динамічної графіки та статичних даних* по мірі виконання моделювання. В якості данамічної графіки зазвичай використовуються годинник, кругова шкала, індикатор рівня (що відображає, наприклад, чергу) і динамічно оновлювані гістограми і графіки часової залежності.

Якщо імітаційна модель не забезпечена надійними засобами статистичного аналізу, неможливо буде отримувати достовірні дані про роботу модельованої системи. Насамперед у програмі необхідний хороший *генератор випадкових чисел*, тобто механізм для генерування незалежних значень, рівномірно розподілених в інтервалі [0,1].

В цілому кожен фактор випадковості системи повинен бути представлений в імітаційній моделі *розподілом ймовірностей*, а не тільки *середнім значенням*. Якщо можна підібрати *стандартний теоретичний розподіл*, що дозволяє оптимально

представити певний фактор випадковості, такий розподіл слід використовувати в моделі системи.

Програмне забезпечення повинне підтримувати наступні *неперевні розподіли*: експоненційний, Вейбулла, логарифмічно нормальний, нормальний, рівномірний і трикутний, а також гамма- і бета-розподіл.

Крім неперервних мають бути доступні ще й *дискретні розподіли*: біноміальний, геометричний, а також розподіл Пуассона і дискретно-рівномірний.

Якщо немає можливості знайти теоретичний розподіл, що вдало представляє певний фактор випадковості, треба скористатися *емпіричним* (або *визначеним користувачем*) розподілом, який ґрунтується на отриманих даних. При цьому випадкові числа отримують шляхом вибірки значень випадкової величини з функцією розподілу, створеною за спостережуваними системними даними.

Програма повинна містити команду, яка дозволяє виконувати *незалежні повторення* (реплікації) чи *прогони* імітаційної моделі.

Програмні засоби імітаційного моделювання повинні надавати можливість вказувати, *для оцінювання яких критеріїв роботи системи будуть збиратись вихідні дані*, а не просто видавати відомості, що обраховуються за замовчуванням і не представляють для користувача ніякого інтересу.

Важливим є також питання *оптимізації*. Метою оптимізації є виконати прогони імітаційної моделі за допомогою інтелектуальних модулів оптимізації і знайти в результаті комбінацію шуканих змінних, що дають оптимальне або близьке до нього рішення. У таких модулях оптимізації застосовуються такі евристичні засоби: генетичні алгоритми, нейронні мережі, а також розсіюючий пошук і забороняючий пошук.

Для успішної роботи з програмним забезпеченням необхідна якісна документація. Користувач повинен мати можливість вивчити пакет імітаційного моделювання, не звертаючись до спеціальних курсів.

Для оцінки показників роботи моделі в програмі повинна бути закладена можливість створювати *стандартні звіти*.

Деякі програми імітаційного моделювання дозволяють виводити результати у вигляді *стовпчикових або кругових діаграм*. Крім того, бажано, щоб *результати для різних модельованих сценаріїв зберігалися в базі даних* і при необхідності могли бути *зображені на одному графіку*.

Нарешті, корисним для визначення залежності у вихідних даних, що отримуються в результаті одного прогону імітаційної моделі, може бути *графік кореляційної функції*.

Повинна також існувати можливість експортувати результати спостережень виходів окремої моделі у такі програмні пакети, як електронні таблиці, бази даних,

статистичні та графічні пакети, з метою проведення подальшого аналізу.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

Сформулюйте розширені відповіді на поставлені питання і перевірте їх повноту та правильність за допомогою матеріалів літературних джерел.

1. Розгляньте кроки, які виконуються під час дослідження складних систем та розробки імітаційних моделей. Дайте визначення терміну «адекватність моделі реальним об’єктам». З’ясуйте, що означає оцінювання адекватності моделі.

2. Наведіть приклади задач, що їх можна розв’язати за допомогою методу машинної імітації. Складіть алгоритм розв’язання задачі з використанням методу однорідного градуювання системного часу та методу неоднорідного градуювання системного часу.

3. Назвіть мови програмування, в яких використовується однорідне або неоднорідне градуювання системного часу.

4. Розгляньте приклади проблемно-орієнтованих, машинно-орієнтованих, спеціалізованих мов моделювання. З’ясуйте, у чому полягають переваги та вади кожного типу мов програмування під час їх використання для реалізації імітаційних моделей. Розгляньте, на які класи поділяють спеціалізовані мови імітаційного моделювання та приклади мов моделювання серед кожного класу спеціалізованих мов.

5. За допомогою літературних джерел поясніть, за якими ознаками розрізняють мови імітаційного моделювання.

6. Наведіть приклади застосування імітаційних моделей під час вивчення діючої функціональної системи.

7. Наведіть приклади застосування імітаційних моделей під час аналізу гіпотетичної функціональної системи.

8. Наведіть приклади застосування імітаційних моделей під час проектування досконалішої системи.

9. З’ясуйте, у чому полягають переваги та вади кожного типу мов програмування під час їх використання для реалізації імітаційних моделей.

10. Назвіть класи, на які поділяють спеціалізовані мови імітаційного моделювання. Наведіть приклади мов моделювання серед кожного класу спеціалізованих мов. З’ясуйте, за якими ознаками розрізняють мови імітаційного моделювання.

11. Охарактеризуйте основні етапи побудови імітаційної моделі та наведіть відомі вам приклади їх формулювання.

12. У чому полягає суть постановки задачі імітаційного моделювання?

13. Охарактеризуйте етап визначення задачі та її аналіз.

14. Опишіть етап збирання інформації.

15. Опишіть етап висування гіпотез і прийняття припущень.

16. Опишіть етап встановлення основного змісту моделі. З яких компонентів складається реальна обстановка задачі? Наведіть приклади.

17. Опишіть етап визначення параметрів, змінних і критеріїв ефективності.

18. Опишіть суть концептуальної моделі задачі «Визначення оптимального правила пріоритету в календарному плануванні засобами імітаційного моделювання».

19. Поясніть логічну структурну схему імітаційної моделі завантаження ЕОМ, користуючись рекомендованою літературою

20. Розгляньте історію зародження методу Монте-Карло. Наведіть приклади застосування методу Монте-Карло у різних галузях науки і техніки. Розкажіть про зв'язок методу Монте-Карло із задачами теорії ймовірностей, математичної статистики та обчислювальної математики.

21. Наведіть приклади, коли доцільно в методі Монте-Карло застосовувати безпосередньо емпіричні дані та коли є рація скористатися одним з апроксимуючих теоретичних розподілів. Відмітьте переваги та недоліки використання емпіричних даних. Подумайте, чому іноді дуже важливо застосовувати теоретичні розподіли.

22. Поясніть розв'язання задачі обчислення визначеного інтеграла методом Монте-Карло. Чому при обчисленні багатократних інтегралів точність оцінки інтеграла не залежить від кратності інтеграла? Порівняйте цю властивість з відповідними характеристиками інших числових методів обчислення інтегралів.

23. Поясніть методику оцінки точності обчислення значення визначеного інтеграла за допомогою методу Монте-Карло. На прикладі розгляньте способи визначення кількості спроб в методі Монте-Карло залежно від заданої точності кінцевого результату. Що таке правило зупинки?

24. Охарактеризуйте рівномірно розподілену на відрізку [0,1] випадкову величину. У чому полягає унікальна властивість розподілу ймовірностей даної величини і як вона використовується? Що таке РВП [0,1]?

25. Наведіть доказ принципової можливості отримання рівномірної випадкової послідовності чисел за допомогою ЕОМ. Чому випадкові числа, отримані за допомогою ЕОМ, називаються квазірівномірними? Від чого залежить кількість випадкових чисел, що отримуються за допомогою ЕОМ. Яку максимальну кількість різних випадкових чисел можна отримати за допомогою ЕОМ?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Замятіна О. М. Комп'ютерне моделювання. URL: https://studizba.com/hs/156-mgu-im-lomonosova/files/1865-sem/2102-imitacionnoe-modelirovanie-v-issledovaniyah-i/9498-/218850-o.m.-zamjatina-kompjuternoe.html (дата звернення: 05.06.2024).

2. Неруш В. Б., Курдеча В. В. Імітаційне моделювання систем та процесів. URL: https://ela.kpi.ua/items/29886d33-e657-453c-a4a8-9ebff59301a3 (дата звернення: 05.06.2024).

3. Elberg M., Tsygankov N. Simulation modeling. URL: http://simulation.su/uploads/files/default/2017-uch-posob-elberg-cigankov.pdf (дата звернення: 05.06.2024).

4. Kelton V., Lowe A. Simulation modeling. Classic CS. URL: https://heterarchica.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/01/1kel_ton_v_lou_a_imitatsionnoe_modelirovanie.pdf (дата звернення: 05.06.2024).

5. Стеценко, І. В. Моделювання систем. URL: https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/1082/view/1740?lang=ua&act=view&page=1&category=1082&id=1740 (дата звернення: 05.06.2024).

6. Метод Монте-Карло суть та приклади застосування. URL: https://intellect.icu/metod-monte-karlo-sushhnost-i-primery-primeneniya-2928 (дата звернення: 05.06.2024).

7. Метод Монте Карло – що це в економіці, приклади. URL: https://aws.amazon.com/ru/what-is/monte-carlo-simulation/ (дата звернення: 05.06.2024).

8. Купалова Г. І. Теорія економічного аналізу. https://westudents.com.ua/knigi/188-teorya-ekonomchnogo-analzu-kupalova-g.html (дата звернення: 05.06.2024).

9. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування. URL: https://eprints.kname.edu.ua/50287 (дата звернення: 05.06.2024).

МЕТОДОЛОГІЯ І ПРАКТИКА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ
(укладач Пальчевський Б. О.)

ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ ПРО НАУКУ ЯК СИСТЕМУ ЗНАНЬ

Наука – це система знань про природу, суспільство та мислення, яка створена в результаті їх вивчення. *Наукове дослідження* – це процес створення нових знань шляхом вивчення предмета чи явища з метою розкриття законів його виникнення, розвитку і перетворення в інтересах суспільства.

Наука виникла в результаті суспільного розподілу праці, при відділенні розумової праці від фізичної. До виникнення науки люди також мали певні знання про навколишнє середовище, однак ці знання були уривчасті та невпорядковані. *Наукові знання* представляють собою чітку систему *понять*, що відображають предмети природи та суспільства в їх загальних та суттєвих ознаках. Наприклад, явища електризації тіл при терті та іскріння наелектризованих тіл були відомі віддавна, однак тільки відкриття електрона дозволило об'єднати ці явища і створити науку про електрику. При створенні понять в процесі пізнання виділяється головне і суттєве, залишаючи без уваги несуттєві та другорядні ознаки, що дозволяє правильно і глибоко зрозуміти об'єкт вивчення. Для впорядкування розрізнених знань в систему, що представляє собою наукову *теорію*, використовуються загальнонаукові або філософські методи. Наприклад, відкриття законів інерції і падіння тіл, а також опис цих законів за допомогою введених методом абстрагування понять «маси», «інерції», «енергії», «прискорення» тощо створена механіка як наука. Метод абстрагування дозволив створити навіть такі наукові поняття, що не зустрічаються в матеріальному світі: «ідеальний газ», «крапка», «площина», «абсолютно тверде тіло» тощо, які однак відіграють важливу роль при створенні наукових теорій.

Практика є критерієм перевірки істинності терії. За загальним, філософським розумінням практика є виробнича діяльність, спрямована на перетворення предметів та явищ таким чином, щоб їх форма та зміст вдовольняли потреби людини. Розвиток машинного виробництва сприяв швидкому перетворенню дослідницької діяльності в активний фактор суспільного виробництва. Воно вдосконалює, поповнює, систематизує та перевіряє на практиці систему наукових знань. В умовах сучасного науково-технічного прогресу наука вже не тільки супроводжує розвиток техніки, а випереджує її, направляючи розвиток матеріального виробництва на найбільш перспективні напрями.

Схематично процес наукового дослідження показано на рисунку1.1.



Рисунок 1.1 – Наукове дослідження: 1 – накопичення дослідних даних; 2 – побудова теорії; 3, 4 – експериментальна перевірка теорії та її практичне застосування

На схемі виділено два рівні наукових досліджень:

1) *емпіричний,* в основі якого є накопичення нових фактів, їх аналіз, узагальнення з метою отримання залежностей, придатних для практичного використання;

2) *теоретичний,* на якому здійснюється узагальнення та створюється система знань, що описують закономірності певної області знань. На цьому етапі створення системи знань проходить через ряд етапів, а саме:

наукова ідея – гіпотеза – теорія.

Наукова ідея пояснює нове явище без обґрунтування зв'язків, що використанні для інтуїтивного пояснення явища. Вона витікає із вже накопичених раніше знань, але при цьому дозволяє відкрити нову, ще невідому закономірність.

Гіпотеза є результатом матеріалізації наукової ідеї, коли передбачається причина, що викликає нове досліджуване явище. Г. Ом, вивчаючи явище опору провідників, звернувся до роботи Д.Фурє «Аналітична теорія теплоти». Він висунув ідею, що явище проходження електричного струму по провіднику є аналогічним до явища поширення потоку тепла. На основі цієї ідеї він висуває гіпотезу, що величина струму залежить від прикладеної різниці потенціалів, по аналогії до різниці температур, що викликає потік тепла.

Якщо гіпотеза узгоджується із результатами досліджень, то її називають теорією або законом. При проведенні наукового дослідження кожна гіпотеза експериментально перевіряється. При подальшому накопиченні фактів одна гіпотеза може уточнюватися або замінюватися новою, яка краще пояснює як старі, так і нові дані. Результатом логічного розвитку та вдосконалення гіпотези є її перетворення в закон.

Закон – це внутрішній, суттєвий зв'язок явищ, який обумовлює їх закономірний розвиток. Він відображає стійкий зв'язок між явищами та властивостями матеріальних об'єктів.

При проведенні наукових досліджень обидва рівні використовуються однаково успішно, доповнюючи один одного. Результати емпіричного рівня дослідження слугують вихідним матеріалом для створення теорії, перевірки її істинності і наступного розвитку та вдосконалення. З іншого боку, теорія дозволяє виділити суттєві зв'язки при проведенні емпіричних досліджень, підвищити точність його результатів, пояснити та узагальнити їх, вказати найбільш перспективні області дослідження, як це стало, наприклад, в хімії після відкриття періодичної системи елементів Д. І. Менделеєва. Теорія уточнює наукові знання за допомогою більш містких понять, впорядковує їх, створюючи умови для практичного використання. В середньовіччі, наприклад, арифметика викладалась в університеті, бо маніпуляції із використовуваними в той час римськими цифрами були складними. Введення десяткової системи числення та арабських цифр значно спростило всі математичні дії.

Створення та розвиток системи наукових знань здійснюється шляхом пізнання оточуючого нас матеріального світу – його предметів, явищ, їх ознак і відношень. Цей процес пізнання ототожнюється із науковим дослідженням. Відправним пунктом пізнання є чуттєве споглядання предметів та явищ, їх відображень в свідомості людини в вигляді чуттєвих образів. Ці образи відтворюють зовнішню сторону об'єкту пізнання. Завданням наукового пізнання є знаходження закономірностей матеріального світу, тобто закономірностей, що відтворюють загальне, суттєве в об'єкті. А для цього необхідно застосувати абстрактне мислення, формами якого є поняття, судження та умовивід.

Поняття – дефініція, що відображає загальні та суттєві ознаки предмету. З його допомогою людина проникає в суть предметів та явищ матеріального світу. Воно є основною цеглинкою, з допомогою яких будується споруда системи наукових знань. Широковідомими є поняття «маси», «енергії», «в'язкості», «ньютонівської рідини», «пружного тіла Гука» тощо. Поняття можуть бути загальними, одиничними та узагальнювальними, абстрактними та конкретними, абсолютними або відносними. Взаємозв'язок понять здійснюється за допомогою суджень.

Судження – така форма думки, в якій сполучають поняття, щось стверджуючи або заперечуючи про реальні предмети та явища. Наприклад, «мідь – метал», «всі метали – пластичні» тощо. Сполучаючи декілька понять, ми створюємо судження про предмети матеріального світу. Зв'язок суджень між собою здійснюється за допомогою умовиводу.

Умовивід (висновок) – форма мислення або логічна дія, в результаті якої із одного або декількох відомих нам і певним чином зв'язаних суджень виводиться нове знання про предмети та явища матеріального світу. Наприклад, умовиводом

буде така операція мислення: «всі метали пластичні» + «мідь – метал» = «мідь пластична». Сполучення двох відомих нам суджень дало можливість перейти від відомого до невідомого, тобто отримати нове знання.

Таким чином, результатом наукового дослідження є узагальнення невпорядкованих уявлень про закономірності природи, суспільства та мислення в вигляді законів науки, що описують внутрішній, суттєвий зв'язок явищ або ознак матеріального світу.

Розглянемо, які методи використовуються для створення системи наукових знань.

Метод – система правил та способів підходу до вивчення явищ і закономірностей природи, суспільства та мислення. Знання методу задає спосіб теоретичного дослідження або практичного здійснення чогось, який ґрунтується на знаннях закономірностей розвитку об'єктивної дійсності і досліджуваних предмету чи явища. Знання методу орієнтує дослідника, допомагає йому вибрати суттєве, намітити шлях від відомого до невідомого.

Розрізняють *всезагальний метод* (діалектика), *загальнонаукові або філософські методи*, які застосовуються у всіх науках та в практичній діяльності людей, а також *конкретно-наукові або спеціальні методи*, які застосовуються в межах однієї або декількох суміжних наук.

Розглянемо детальніше найбільш поширені загальнонаукові методи. Частина з них застосовується при теоретичному рівні дослідження, частина – на емпіричному. Є серед них і такі, що застосовується на обох рівнях наукового дослідження.

До найбільш поширених методів відносяться аналіз і синтез, індукція і дедукція, абстрагування та конкретизація.

Аналіз та синтез.

Під *аналізом* розуміють метод дослідження, який полягає в тому, що об'єкт дослідження подумки або практично розділяється на складові елементи. Це можуть бути частини об'єкта або його ознак, властивостей, відношень. Кожна із виділених складових частин досліджується окремо як частина цілого. *Синтез* дозволяє здійснити об'єднання частин об'єкту, встановити їх зв'язки та описати об'єкт як єдине ціле.

В науковому дослідженні аналіз і синтез взаємопов'язані, вони доповнюють один одного і можуть почергово повторюватись декілька разів. Результати аналізу дозволяють вивчити конкретні факти, відкрити глибину явища. Одночасно, застосування синтезу дозволяє об'єднати окремі факти, створити теорію, побачити перспективи розвитку процесу, його зв'язок з іншими явищами.

Прикладом застосування взаємопов'язаних аналізу та синтезу може бути робота Дж. Уатта над паровою машиною. При аналізі він розділив її робочий цикл пароутворення на три частини: утворення, розширення та конденсація пари. Для реалізації кожної частини циклу він розробив окремі пристрої. Потім шляхом об'єднання цих пристроїв отримав парову машину, яка реалізувала при роботі всі три частини циклу.

Індукція та дедукція.

Наукова індукція – це такий умовивід, в якому загальний висновок про ознаки якоїсь множини елементів зроблений в результаті дослідження певної частини елементів цієї множини. *Дедукція* – умовивід, в якому висновок про якийсь елемент із множини робиться на основі знання загальних властивостей цієї множини.

Індукція і дедукція є взаємопротилежні методи дослідження, вони використовуються в науковому дослідженні у взаємозв'язку, доповнюючи один одного. Процес наукового пізнання здійснюється від індуктивного узагальнення до дедуктивного висновку, перевірці цього висновку і до більш глибокого узагальнення.

Найбільш поширена помилка при їх застосуванні – це поспішність індуктивного узагальнення, узагальнення без достатнього обґрунтування або за другорядними ознаками, підміна причинних зв'язків випадковою часовою послідовністю, тобто випадки необґрунтованого поширення отриманого висновку за межі тих конкретних умов, для яких він був отриманий. Наприклад, при вивченні трьохчлену Ейлера $y = x^2+x+41$ матимемо таку картину. При послідовних значеннях x: *0; 1; 2; 3; 4;...; 10* отримаємо значення величини y відповідно: *41; 43; 47; 53; 61; 71; 83; 97; 113; 131; 151; ...,* тобто прості числа. Роблячи індуктивне узагальнення, будемо стверджувати, що при всіх цілих додатних x значення y представлятиме собою ціле число. Однак такий індуктивний висновок буде поспішним, оскільки перевірка його показує, що при значенні $x=40$ трьохчлен дорівнюватиме $y=41^2$, тобто складному числу.

Абстрагування та конкретизація.

Абстрагування – це метод наукового пізнання, що полягає в мисленому виділенні цікавих для дослідника ознак, зв'язків і відношень предмету чи явища та їх мислене відривання від всіх інших. Під час абстрагування здійснюється відкидання несуттєвих, другорядних ознак, зв'язків, відношень предмету чи явища, що утруднюють їх вивчення. Результатом абстрагування є створення абстракцій, найбільш поширеними з яких можна вважати наступні три види.

Абстракція ототожнення, що отримується шляхом відокремлення від індивідуальних ознак предметів та виділення узагальненої ознаки. Вона

застосовується для утворення поняття якогось класу предметів і містить ознаки, що відрізняють цей клас від інших («метали», «деталі», «машини» тощо).

Абстракція ізоляції утворюється шляхом мисленого відокремлення та фіксації певних ознак і відношень від предметів та явищ, з якими вони пов'язані. В цьому випадку утворюють загальні абстрактні поняття, наприклад: «точність», «теплопередача», «надійність» тощо.

Абстракція ідеалізації – це результат абстрагування, який дозволяє створити поняття, що не існують в реальному світі. В цьому випадку певні ознаки чи властивості об'єкту вивчення доводять до граничного значення, наприклад: «точка», «ідеальний газ», «абсолютно чорне тіло» тощо.

В процесі наукового пізнання метод абстрагування тісно пов'язаний з *конкретизацією*. Виявивши за допомогою абстрагування від конкретних фактів загальні закономірності розвитку предмету або явища, що вивчаються, дослідник знову повертається до конкретного. Розглянемо приклад застосування цих методів у взаємозв'язку.

Якщо на поверхню будь-якого тіла попадає світло, то частина світла відбивається, а решта поглинається цим тілом, віддаючи свою енергію. Чим більше світла поглинає тіло, тим темнішим воно виглядає. Абстрагуючись від конкретних фізичних тіл, дослідники ввели поняття «абсолютно чорне тіло», розуміючи під ним таке, яке поглинає все світло, що на нього попаде. Таких тіл в природі немає, однак легко визначається залежність температури «абсолютно чорного тіла» від світлового потоку. Отримана залежність конкретизується для опису реальних тіл, які поглинають тільки частину світлової енергії, шляхом введення коефіцієнта поглинання. Коефіцієнти поглинання визначаються експериментально для реальних фізичних тіл.

ТЕМА 2 МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Сучасна промисловість характеризується швидким розвитком технологій та технічних засобів виробництва. Технологічні машини стають все більш швидкодіючими та продуктивними, мають кращий коефіцієнт корисної дії та вищу надійність, а технології – більш ефективними та досконалими.

Вдосконалення технологічних машин супроводжується зростанням їх складності (в середньому вдвічі кожні 15 років). При цьому виникає ряд протиріч, що стримують їх розвиток. Відмітимо два основних:

1) переважання темпів зростання складності технологічних машин над темпами розвитку методів їх проектування;

2) погіршення співвідношення між тривалістю їх розробки та часом морального старіння (в XX столітті продуктивність праці зросла в 10 раз, а продуктивність проектування – тільки на 20%).

Без уміння вивчити сучасну технологічну машину та умови її функціонування стає неможливим її вдосконалення, розробка та експлуатація. А таке вивчення представляє собою наукове дослідження.

Тісний зв'язок науки та виробництва визначив і нероздільність наукової та інженерної діяльності. Саме вміння провести наукове дослідження відтіняє творчість інженера, надає їй витонченості при прийнятті нестандартних рішень. Побудова математичної моделі є сполучною ланкою наукового дослідження з проектуванням та вдосконаленням технологічної системи. Наявність етапу математичного моделювання створює методичну спільність наукових досліджень та процесу проектування чи оптимізації технологічної системи. В результаті проведення цих етапів не просто виникає нове знання, але і здійснюється його конкретне застосування.

Наукова діяльність, як і будь-яка інша, здійснюється за допомогою певних засобів, а також особливих прийомів і способів, від правильного використання яких багато в чому залежить успіх. Сукупність цих прийомів позначають поняттям «метод". Метод з грецької означає шлях пізнання.

Метод наукового дослідження – це спосіб пізнання об'єктивної реальності, система правил і прийомів, за допомогою яких досягається об'єктивне пізнання дійсності. Сам спосіб представляє собою певну послідовність дій, прийомів, операцій.

Методика дослідження – це система правил використання методів, прийомів та способів для проведення дослідження. Отже, метод орієнтує у вирішенні конкретного завдання, досягнення результату в будь-якій сфері діяльності.

Методологія – це учення про науковий метод пізнання (теорія методів дослідження), про систему знань про теорію науки або систему методів дослідження.

У самому загальному сенсі під методологією розуміється система методів, використовуваних в деякій області діяльності.

Вирізняють методи (рис. 2.1):

- загально-філософські,
- загальнонаукові, які застосовують у дослідницькому процесі різних наук,
- конкретно-наукові, які використовують – при розв'язанні конкретних наукових задач.

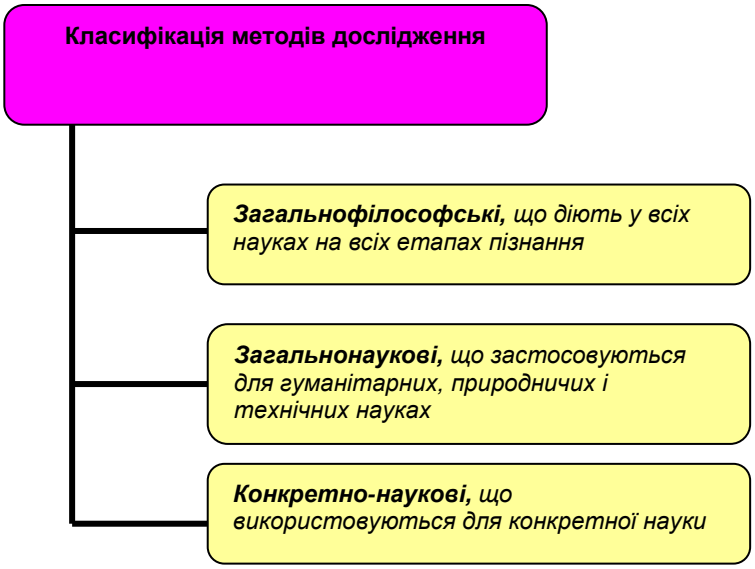


Рисунок 2.1 – Класифікація методів дослідження

Загально-філософські методи.

Фундаментальним, узагальненим методом пізнання дійсності є діалектичний метод. Діалектичний підхід дозволяє обгрунтувати причинно-наслідкові зв'язки, процеси диференціації та інтеграції, постійне протиріччя між сутністю і явищем, змістом і формою, об'єктивність в оцінці дійсності.

Поняття являється основною цеглиною, за допомогою якої створюється система наукового знання. Взаємозв'язок понять робиться шляхом суджень і висновків.

Судження – це така форма мислення, за допомогою якої поєднують поняття, що-небудь стверджуючи або заперечуючи про реальні предмети і явища. Зв'язок суджень здійснюється за допомогою висновків.

Умовивід (висновок) – розумова операція, за допомогою якої з певної кількості заданих суджень виводиться інше судження, яке певним чином пов'язано з вихідним. За допомогою висновку з одного або декількох відомих нам і певним чином пов'язаних суджень виводиться нове знання про предмети і явища реального світу. Наприклад:

1) усі метали пластичні;
2) мідь – метал;
3) мідь пластична.

Специфіка філософських методів полягає в тому, що вони задають лише найзагальніші правила дослідження, його генеральну стратегію.

Загальнонаукові методи дослідження.

Розвиток науки відбувається на основі широкого використання *загальнонаукових методів*. Це сукупність знань про принципи і методи, що застосовуються в будь-якій науковій дисципліні.

Загальнонаукові методи дослідження умовно поділяють на три групи:

1. загальнологічні методи, що використовуються як на теоретичному, так і на емпіричному рівнях дослідження (аналіз і синтез, індукція та дедукція, аналогія, моделювання тощо).

2. теоретичні методи – методи, що використовуються на теоретичному рівні дослідження. Особливість теоретичного дослідження полягає у використанні абстрактних уявлень, ідей, положень, концепцій.

3. емпіричні – методи емпіричного дослідження (спостереження, експеримент, вимірювання, порівняння).

Розглянемо окремо кожну групу загальнонаукових методів.

Методи, що використовуються на теоретичному і емпіричному рівнях дослідження.

До них відносяться аналіз і синтез, індукція і дедукція, аналогія і моделювання, абстрагування і конкретизація, класифікація (рис. 2.2).

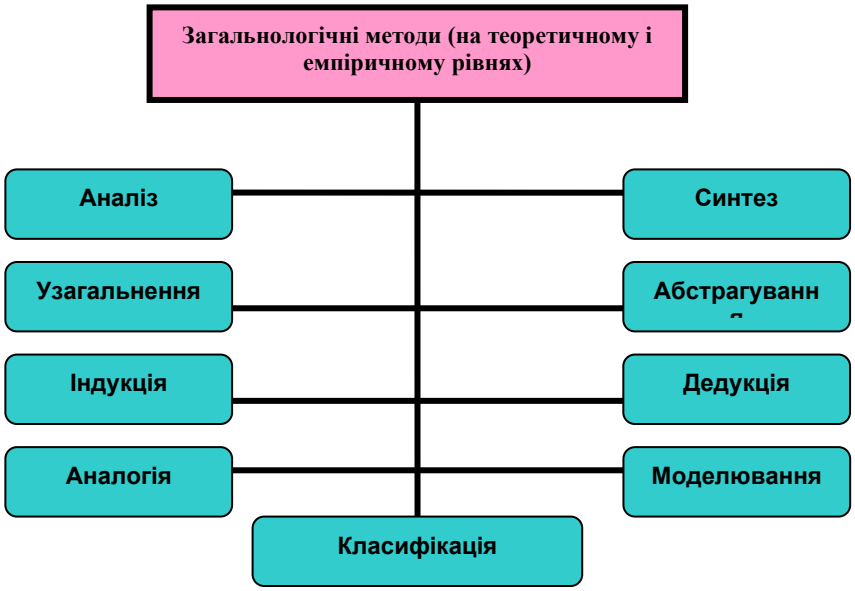


Рисунок 2.1 – Класифікація загальнологічних методів дослідження

Аналіз – це метод дослідження, що полягає в тому, що предмет вивчення подумки або практично розчленовується на складові елементи (частини об'єкту або його ознаки, властивості, відносини.). Кожна з виділених складових частин досліджується окремо як частини цілого.

Синтез – об'єднання пізнаних в результаті аналізу елементів в єдине ціле. Синтез дозволяє здійснити з'єднання частин предмета, розчленованого в процесі аналізу, встановити їх зв'язок і пізнати предмет як єдине ціле.

Аналіз і синтез взаємозв'язані. Приступаючи до аналізу, дослідник вже має якесь загальне уявлення про об'єкт вивчення як ціле. Таким чином, ми бачимо, що аналіз вже з самого початку дослідження здійснюється спільно з синтезом.

Дж. Уатт, наприклад, розділив робочий цикл парової машини на три частини: утворення, розширення і конденсація пари. Для реалізації кожної частини циклу були розроблені відповідні пристрої, виходячи з необхідності забезпечити роботу парової машини як цілого.

Узагальнення – процес уявного переходу від одиничного до загального, від менш загального, до більш загального.

Абстрагування (ідеалізація) – це метод наукового пізнання, в процесі якого відбувається відкидання несуттєвих, побічних ознак, зв'язків і відносин предмета або явища, що утрудняють проведення дослідження, тобто відділення істотного від випадкового. При цьому, як результат абстрагування, створюються абстракції.

Абстрагування в процесі наукового пізнання тісно пов'язане з *конкретизацією***.**

Розглянемо приклад використання абстрагування і конкретизації в науковому пізнанні. Якщо на поверхню будь-якого тіла потрапляє світло, то частина його відбивається, а частина проникає всередину, віддаючи тілу свою енергію. Чим більше світла поглинає тіло, тим темніше воно здається. Абстрагуючись від конкретних фізичних тіл, учені створили поняття «Абсолютно чорне тіло», тобто тіло, яке поглинає все світло, що падає на нього. Таких тіл в природі немає, але при вивченні властивостей «абсолютно чорного тіла» легко визначити його залежність від температури. При вивченні реальних тіл конкретизація дозволяє врахувати те, що вони поглинають тільки частину енергії, що визначається коефіцієнтом поглинання. Введення цього коефіцієнта дає можливість застосувати закон, отриманий для ідеального об'єкту, для реальних тіл, визначивши експериментально їх коефіцієнти поглинання.

Індукція – процес виведення загального положення з спостереження низки часткових одиничних фактів, тобто пізнання від часткового до загального. В процесі наукового пізнання індукція завжди використовується в нерозривному зв'язку з дедукцією.

Дедукція – процес аналітичного переходу від загальних представлень до часткових.

ТЕМА 3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Пошук матеріалів за темою дослідження

Алфавітний каталог, в якому література розташовується за алфавітним порядком авторів або за алфавітним порядком публікацій (для словників, збірників, альбомів, інструкцій, звітів та для будь-яких публікацій, якщо авторів більше трьох).

Систематичний каталог, в якому література розташовується за універсальним десятковим класифікатором (УДК), за яким всі галузі знань розділені на 10 класів:

0 – Загальний відділ. Наука. Організація. Розумова діяльність. Знаки і символи. Документи і публікації.

1 – Філософія.

2 – Релігія.

3 – Економіка.

4 – Вільний клас.

5 – Математика. Природничі науки.

6 – Прикладні науки. Медицина. Техніка.

7 – Мистецтво. Прикладне мистецтво. Фотографія. Музика.

8 – Філологія. Мовознавство. Художня література. Літературознавство.

9 – Краєзнавство. Географія. Біографія. Історія.

Кожен із основних класів розділений на 10 розділів, які , в свою чергу, на десять підрозділів і так далі. Деталізація понять здійснюється шляхом подовження індексів. Кожна наступна цифра не змінює змісту попередніх, а тільки їх уточнює. Розглянемо, наприклад, розподіл на групи і підгрупи класу прикладних наук.

УДК 62. Інженерна справа. Техніка.

УДК 621. Машинобудування.

УДК 621.7 Обробка в цілому.

УДК 621.9 Різання зняттям стружки.

Для розширення можливостей системи УДК використовуються також спеціальні визначники.

* *Визначники характеру матеріалу*, вказуються в дужках: (031) – Енциклопедія; (063) – Матеріали з'їзду; (075) – Підручники. Наприклад, УДК 621.9 (075) – Підручники з різання матеріалів зняттям стружки.

* *Визначники аспекту вивчення питання,* вказуються після основного індексу через крапку і два нулі перед цифровим позначенням: .001 – Теоретична точка зору; .002 – Технологія; .002.3 – Сировина. Матеріали.

Застосування двокрапки дозволяє здійснювати синтез понять. Наприклад, поняття УДК 621.9 : 536.2 значить «теплопередача при різанні зняттям стружки», бо двокрапка об'єднує поняття УДК 621.9 «Різання зняттям стружки» та УДК 536.2 «Теплопередача».

Предметно-алфавітний каталог використовується, коли невідомо, до якого розділу УДК відноситься тема дослідження. Він побудований за допомогою набору ключових понять, які розташовані в ньому в алфавітному порядку. При користуванні цим каталогом ключове поняття треба висловити максимальною кількістю слів-синонімів. Якщо в каталозі такого слова немає, то його замінюють більш загальним поняттям.

3.2 Пошук патентних матеріалів за темою дослідження

Пошук патентних матеріалів за темою дослідження також є невід'ємною частиною етапу постановки задачі дослідження, оскільки він забезпечує:

- прогнозування тенденції розвитку наукових напрямків розвитку техніки та технологій;
- оцінку технічного рівня результатів шляхом їх порівняння з існуючими зразками;
- перевірку патентоспроможності створених технічних систем.

Патентна документація – це найбільш повне зібрання даних про науково-технічні досягнення людства за останні 250 років. Основою класифікації цієї інформації є міжнародний класифікатор винаходів (МКВ), побудова якого ґрунтується на двох підходах:

- *предметно-тематичний,* за яким об'єкти класифікуються в залежності від галузі їх застосування;
- *функціональний,* за яким в основу класифікації покладено тотожність функцій об'єктів незалежно від галузі техніки, де об'єкт застосовується.

Система МКВ включає 8 розділів, 20 підрозділів, 115 класів і так далі. Основні її розділи є:

A – Задоволення життєвих потреб людини;

B – Різні технологічні процеси;

C – Хімія і металургія;

D – Текстиль та папір;

E – Будівництво;

F – Прикладна механіка, освітлення і опалення; двигуни та помпи; зброя та боєприпаси;

G – Технічна фізика;

H – Електрика.

За предметно-тематичною ознакою побудовані розділи A, C, D, E, F, G, H, а за функціональною – розділ B.

Особливу цікавість для дослідника на етапі постановки задачі дослідження та вибору напряму проведення робіт представляє аналіз патентів по темі дослідження за останній 5-10 років. Підраховуючи тільки їх кількість, вже можна зробити наступні висновки.

Якщо кількість патентів за кожен наступний рік перевищує дані попереднього року, то напрям дослідження є перспективним, а його тема – актуальною.

Якщо кількість патентів є приблизно однаковою, то необхідно створити паралельний напрям проведення дослідження, а саму наукову тему розширити.

Якщо кількість патентів з кожним роком зменшується, то тема дослідження ґрунтується на застарілих ідеях і представленнях. В цьому випадку буде доцільним проведення пошукових досліджень для знаходження нових принципів.

ТЕМА 4 ВИБІР НАПРЯМКУ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначення напряму дослідження. На сучасному етапі розвитку науково-технічного прогресу технічні системи розвиваються безперервно, характеризуються високим ступенем спадковості. Кожна заново створена технічна система є результатом попередніх наукових праць, процесів, пристроїв, речовин. В механіці, фізиці, хімії, в технічних науках джерелом гіпотез для побудови нових теорій, принципів завжди були старі. І. Ньютон писав: «Якщо я бачив дальше своїх попередників, то тільки тому, що я стояв на плечах гігантів”.

Тому, починаючи дослідження, необхідно оглянути матеріали по даній темі та провести їх аналіз з точки зори поставленої мети наукової роботи. До таких матеріалів може відноситися науково-технічна література (книги, науково-технічні збірники, реферативні та інформаційні видання тощо) та патентна література (реферативні журнали винаходів та описи винаходів).

Вивчення стану проблеми є необхідним етапом наукового дослідження, бо більшість задач дослідження виникає безпосередньо на виробництві. Сутність такої задачі, як правило, завуальована багатьма несуттєвими і другорядними фактами. Тому для правильного формулювання задачі дослідження необхідно провести певну роботу.

Наприклад, коли на Обухівському заводі в Санкт-Петербурзі перейшли до випуску тяжких гармат, перед дирекцією постала проблема забезпечення їх якості: нові гармати, виготовленні із 12-тонних заготовок, то розвалювались після декількох пострілів, то витримували декілька тисяч пострілів. Було вирішено

перевірити витримування технологічних вимог на всіх етапах виготовлення гармат. Для цього технологічний процес розділили на ряд послідовних етапів. Інженерові-технологові Д. К. Чернову необхідно було «забезпечити кування гарматних заготовок в однакових умовах відповідно до письмової вказівки власника заводу». Д. К. Чернов, співставляючи зразки металу міцних та неміцних гармат, визначив, що у міцних гармат метал дрібнозернистий, а в неміцних – великозернистий. Уточнюючи мету дослідження, він припустив, що міцність металу визначається його зернистістю. Аналіз науково-технічної літератури дозволив Д. К. Чернову визначити, що структура металу формується при куванні. Тепер задача дослідження сформулювалась так: «вивчити вплив режимів кування на структуру та зернистість металу, а також визначити режими, при яких структура забезпечує високу міцність металу». Експериментальні дослідження, проведені на Обухівському заводі, показали, яким чином режими теплової і механічної обробки при куванні впливають на структуру і міцність металу.

Із наведеного прикладу бачимо важливість правильної постановки задачі дослідження. Кожне нове дослідження, наукова публікація, що його відображає, виникають на грунті попередніх. Робота з науково-технічною літературою дозволяє визначити напрямок розвитку технічної системи (об’єкту чи процесу), відділити задачу від другорядних та примикаючих до неї, провести декомпозицію мети дослідження і провести його планування.

Конкретизація умов наукового дослідження. На кожен реальний об’єкт дослідження, технічну систему діють всі закони природи – не тільки відомі, але і ще невідкриті. Тому при проведенні наукового дослідження ми змушені спрощено розглядати предмети та явища, що вивчаються, приймаючи до уваги тільки їх головні, суттєві сторони. Для відсіву факторів, вплив яких є несуттєвим, приймаються відповідні допущення. Багато допущень приймається несвідомо, що часто призводить до необґрунтованого розширення застосування результатів дослідження.

Розглянемо, наприклад, що необхідно було би врахувати, щоб вирахувати абсолютно точно силу, з якою в даний момент яблуко тисне на стіл. Загальновідоме розв’язання, за яким сила F, з якою яблуко діє на стіл, дорівнює його вазі яблука P не враховує багатьох факторів. Проаналізуємо залежність $F = P = m \cdot g$, де m – маса яблука , g – прискорення сили земного тяжіння. Ці фактори непостійні в часі: маса яблука коливається, бо під дією тепла здійснюється випаровування води, фотосинтез тощо. Прискорення сили тяжіння залежить від географічної широти та висоти стола над рівнем моря, від переміщення мас всередині Землі тощо. Окрім того, на яблуко діє сила, що створена витісненим об’ємом повітря та багато іншого.

Цей приклад показує складність дослідження реального об’єкту, яка приводить до того, що кожне дослідження є наближеним. В залежності від потрібної вірогідності результатів, враховується більша чи менша кількість факторів.

Оскільки математична модель, отримана в результаті дослідження, не визначається однозначно вихідними умовами задачі, завжди буде корисно не вірити сліпо готовим моделям, а побудувати модель досліджуваного явища самостійно. В цьому випадку підкресляться прийняті допущення, виявляться неусвідомлено прийняті допущення. Отримана таким чином модель може бути порівняна з існуючими і, якщо наукові результати виявляться близькими, то таке дослідження може вважатися об’єктивним.

ТЕМА 5 СТРУКТУРА ПРИКЛАДНОГО НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Очевидно, що чим невизначеннішими є вихідні дані, тим складнішим буде наукове дослідження. В залежності від його мети – пізнавальної чи практичної – розрізняють *фундаментальні* та *прикладні* наукові дослідження. Якщо *фундаментальні дослідження* є необхідними для побудови системи наукових знань, її розвитку та вдосконалення і вирішують основну задачу – *що саме* може бути застосовано в практичній діяльності людини, то *прикладні дослідження* дають відповідь на інше питання – *як саме* можуть бути застосовані вже відомі наукові знання.

Фундаментальні дослідження направлені на відкриття і дослідження нових явищ та законів природи. Вони розширюють та вдосконалюють систему наукових знань про навколишній матеріальний світ. Результати наукових досліджень використовуються в практичній діяльності для створення нових джерел енергії, матеріалів, технологій. Ці дослідження проводяться на межі відомого та невідомого, тому вони мають найвищий ступінь невизначенності. При таких дослідженнях вибір напряму проведення дослідження, вибір самого об’єкту дослідження визначаються методом «спроб та помилок», а зменшення кількості дослідів та термінів проведення дослідження визначаються досвідом та кваліфікацією самого дослідника. Відомого багато прикладів із історії розвитку науки, коли вирішальну роль в науковому відкритті відігравав випадок.

Прикладні дослідження мають за мету знаходження шляхів застосування відкритих законів та явищ природи в практичній діяльності людини для створення нових машин, технологій та речовин. Кожне наукове відкриття повинно пройти довгий шлях, перш ніж воно втілиться в технічний об’єкт. Властивість провідника

нагріватися при проходженні електричного струму, наприклад, тільки згодом знайшла застосування в електронагрівальних приладах.

При проведенні прикладних наукових досліджень на основі наукових понять створюються цілеспрямовані технічні поняття. Наприклад, такі поняття технології металів як твердість, жаростійкість, холодоломкість тощо, що створені на основі понять фізики, хімії, виникли, виходячи із мети прикладної науки – отримання металу із заданими властивостями. Ступінь завершеності прикладного дослідження визначається придатністю його результатів для практичного застосування.

При *пошукових дослідженнях* метою є знаходження принципово нових шляхів створення технічних систем. Це може бути нове застосування відомого закону чи явища, використання нових властивостей матеріалів.

Науково-дослідна робота забезпечує створення нових технологій, машин, приладів та матеріалів, проведення оптимізації технічних систем з метою покращення їх експлуатаційних характеристик тощо.

Дослідно-конструкторська робота полягає в створенні певної конструкції технічної системи, що забезпечує виконання ним потрібної функції та задовольняє певні експлуатаційні обмеження.

Етапи прикладного дослідження.

Як здійснюється процес прикладного наукового дослідження? Чим прикладне дослідження принципово відрізняється від фундаментального? Що потрібно дослідникові, щоб вдало сформулювати реальну мету, досягнення якої повинна забезпечити технічна система? Щоб дати відповіді на ці питання розглянемо приклади простих наукових досліджень, в яких легко прослідковується методика їх виконання.

Розглянемо *структуру наукового дослідження*, проведеного Галілео Галілеєм для вивчення вільного падіння фізичних тіл. В той час вважалось загальновизнаним положення Арістотеля, який стверджував, що важчі тіла падають швидше, ніж легкі, бо швидкість падіння є функцією маси тіла. Галілей провів аналіз твердження Арістотеля, порівнявши умови падіння важкого каменю та легкого листка. За Арістотелем, камінь повинен падати швидше від листка, бо він тяжчий, тобто швидкість каменю $V_К$ більше швидкості листка $V_Л$. Подумки з'єднаймо камінь та листок. Таке об'єднання повинно мати, з однієї сторони, проміжну швидкість $V_{К+Л}$ його елементів, тобто: $V_Л < V_{К+Л} < V_К$. Але, з іншої сторони, загальна маса такого об'єднання перевищить масу каменю, тому швидкість каменю і листка, за твердженням Арістотеля, повинна перевищити швидкість каменю. Для розв'язання цього протиріччя Галілей висунув гіпотезу, що швидкість падіння не є функцією маси тіла, що падає. Ця гіпотеза представляє

собою точне формулювання задачі дослідження, яке дозволило визначити фактори, що можуть впливати на експеримент, та фактори, вплив яких можна вважати несуттєвим. Г.Галілей враховував при експерименті масу та форму тіла, але не враховував опір повітря, температуру повітря тощо. Гіпотеза знайшла своє підтвердження під час славнозвісного експерименту на Пізанській вежі, з якої було скинуто ядро масою 80 кг та мушкетну кулю масою 200 г. Обидва тіла кульової форми торкнулись поверхні Землі одночасно.

Наукове дослідження, проведене Г.Галілеєм, має наступні етапи, які є характерними і для сучасного наукового дослідження:

1) *постановка задачі дослідження* як результат вивчення стану проблеми;

2) *виділення досліджуваного об'єкта із оточуючого середовища*, визначення його зв'язків, діючих обмежень, параметрів які впливають на результат дослідження;

3) *експериментальне дослідження та опис явища* вільного падіння.

Проведемо аналіз *структури наукового дослідження,* якщо об'єктом виступає технічна система. Перш за все, відмітимо, його цілеспрямованість, яка визначається більш загальною метою, а саме – створенням технічної системи для виконання заданої службової функції. Значну роль тут відіграють результати аналізу та наукового дослідження, представлені в вигляді математичних моделей функціонування технічної системи, які використовуються для цілеспрямованого вибору кращого варіанту її конструкції чи оптимізації режимів функціонування. В цьому випадку скорочуються терміни проектування технічних систем, зменшується ризик прийняття невірних рішень.

Таким чином, можна вважати, що процес прикладного наукового дослідження повинен бути підпорядкований вимогам проектування та оптимізації технічної системи. Він може бути розділений на чотири етапи.

1. Постановка задачі дослідження як результат вивчення стану проблеми та мети інженерної творчої діяльності.

2. Визначення зв'язків досліджуваного об'єкта із оточуючим середовищем, діючих обмежень, параметрів, які впливають на результат дослідження.

3. Експериментальне дослідження, побудова математичної моделі досліджуваного об'єкта, перевірка її придатності для практичного застосування.

4. Використання математичної моделі для проектування чи оптимізації технічної системи.

ТЕМА 6 МЕТОДОЛОГІЯ ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Застосування теоретичних методів в дослідженні.

При системному представленні об’єкту дослідження, знання елементів об’єкту не дає знань про сам об’єкт, оскільки останній представляє собою не тільки суму частин, але і їх функціональний взаємозв’язок. Тому *методика застосування системного підходу до теоретичного аналізу* полягає в знаходженні в складному об’єкті простих елементів та зв’язків між ними, їх вивчення та опис за допомогою математичних моделей, а також їх з’єднання в модель складного об’єкта. Це агрегування моделей.

Такий підхід до аналізу складних задач є загальновідомим. Ще в середньовіччі застосовували декомпозицію складних задач на окремі простіші елементи, вивчали кожну з них. Рене Декарт в роботі «Розмірковування над методом» пише: «Розділіть кожну задачу на стільки частин, на скільки зможете і на скільки це потрібно вам, щоби її було легко розв’язати». Таке розділення дозволяє спростити об’єкт аналізу.

Однак, математик Г.Лейбніц, автор комбінаторики, відмітив: «Це правило Декарта малоефективне, оскільки мистецтво розділення залишається поза тлумаченням... Розділивши задачу на невідповідні частини, недосвідчений дослідник може тільки збільшити свої труднощі».

Питання декомпозиції.

Оскільки кожен складний об’єкт дослідження може бути розділений різними способами, то ця обставина стає вирішальною при проведенні теоретичного аналізу. Кількість виділених різнотипних елементів повинна бути найменшою, самі ці елементи повинні легко формалізуватися і описуватися простими математичними моделями. Тоді виділені елементи представлятимуть собою цеглини, з яких побудується модель складного об’єкту.

Так, наприклад, відкриття електрона, як основного елементу опису електричних явищ, дозволило створити теорію електрики, яка пояснювала з єдиних позицій такі явища як електризація тіл при терті, блискавка, електричний струм в металах, електроліз тощо. При цьому знання частин; елементів об'єкту ще не є знанням самого об'єкту, оскільки об'єкт – це не проста сума частин, а їх взаємозв'язок.

Таким чином, при проведенні теоретичного аналізу об’єкт розділюється на конечне число підсистем, а ті, в свою чергу, діляться на дрібніші аж до моменту, коли стануть достатньо простими для вивчення та математичного опису. Вони і будуть *елементами* опису складного об’єкту. Оскільки розділення складного об’єкту здійснюється із збереженням зв’язків між виділеними елементами, то

математична модель складного об’єкту складатиметься із математичних моделей елементів та математичних моделей зв’язків між ними.

Розглянемо на простому та наглядному прикладі, який відображає методичні проблеми, що виникають при розчленуванні об’єкту для його математичного опису.

Розглянемо різні варіанти розділення та опису об’єкту, що наведений на рисунку 6.1.

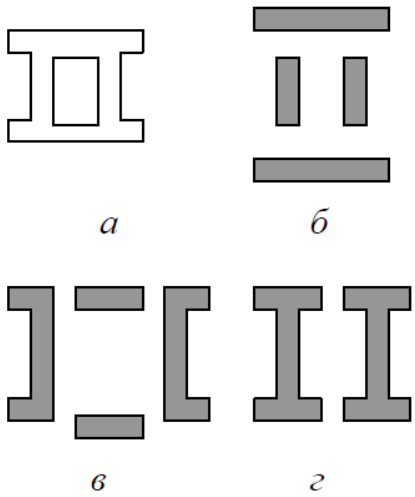


Рисунок 6.1 – Способи розчленування та опису об’єкту

Для кожного способу розділення його опис матиме вигляд:

- два паралельних бруски, що розділені двома короткими поперечинами, що трохи відстають від країв;
- два дзеркально симетричних елементи, що мають профіль швелера, які зверху та знизу розділені двома поперечинами;
- два двотаврових дзеркально симетричних елементи.

Із цього простого прикладу можна зробити такі висновки:

1) залежно від правильності розчленовування процес вивчення об'єкта дослідження спрощується або ускладняється;

2) виділення при розділенні більш складних елементів для опису і моделювання об’єкта дослідження спрощує опис зв’язків між ними і навпаки;

3) описаний об’єкт може використовуватись як елемент для опису і моделювання більш складних систем.

Таким чином, теоретичне дослідження – це знаходження в складному простих елементів і видів зв'язку між ними, вивчення і опис елементів, їх з'єднання в модель складного об'єкту. Кожний об'єкт можна розчленувати різними способами: ця обставина є вирішальною при проведенні теоретичних досліджень.

При аналізі явищ і процесів виникає потреба виділити головне. У цьому випадку може бути застосований метод *абстрагування*, тобто відхід від другорядних фактів з метою зосередитися на найважливіших.

У ряді випадків використовують спосіб *формалізації*, який полягає в тому, що основні положення процесів і явищ представляють у вигляді формул та спеціальної символіки, які дозволяють встановити закономірності між фактами, що вивчаються.

Математичне моделювання в теоретичних дослідженнях.

Процес моделювання – це вивчення властивостей об’єкта моделювання шляхом аналізу властивостей його моделі.

Модель – це об'єкт або опис об'єкта, системи для заміщення однієї системи (оригіналу) іншою системою для кращого вивчення оригіналу або відтворення будь-яких його властивостей. При моделюванні досліджується не сам об’єкт, а проміжний – допоміжний об’єкт, що здатний на окремих етапах пізнання представляти об’єкт пізнання, а також давати інформацію про нього.

Моделлю може бути об’єкт будь-якої природи, який замінює із будь-яким ступенем точності досліджуваний об’єкт. Досягнення цілей теоретичного дослідження без побудови моделі досліджуваного об'єкту практично неможливе. Кожна проектна та дослідницька діяльність так чи інакше пов’язана з побудовою моделі. Креслення технічної системи – машини чи вузла, схема системи керування також є моделями.

ТЕМА 7 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Найважливішою складовою частиною наукових досліджень є *експеримент*. Знання, отримане за допомогою спостереження, експерименту і соціально-виробничої практики людей, називається *емпіричним*.

Слово «експеримент» походить від латинського слова *“experimentum”* – «спроба», «досвід». У науковій мові та дослідницькій роботі цей термін звичайно використовується у значенні, загальному для цілої низки тотожних понять: досвід, цілеспрямоване спостереження; відтворення об’єкта пізнання; організація особливих умов його існування; перевірка передбачення. В це поняття вкладається наукова постановка дослідів і спостереження явища, що вивчається, в умовах, які чітко контролюються і дозволяють слідкувати за його перебігом і відтворювати його кожного разу при повторенні цих умов. Самé по собі поняття «експеримент» означає дію, націлену на створення умов із метою здійснення того або іншого явища і, якщо це можливо, якомога чистішого, тобто, неускладненого іншими явищами.

Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об’єктів, перевірка справедливості гіпотез і, на цій основі, широке і глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Для проведення експерименту будь-якого типу необхідно:

– розробити гіпотезу, що підлягає перевірці;

– створити програми експериментальних робіт;

– визначити способи та прийоми втручання в об’єкт дослідження;

– забезпечити умови для здійснення процедури експериментальних робіт;

– розробити шляхи та прийоми фіксування ходу і результатів експерименту;

– підготувати засоби експерименту (прилади, установки, моделі тощо);

– забезпечити експеримент необхідним обслуговуючим персоналом.

7.1 Види експериментальних досліджень технологічної системи

Реальні технологічні системи, що функціонують в складних умовах діючого виробництва, мають безмежну кількість властивостей. Все це затрудняє опис і дослідження таких систем за допомогою моделей. Оскільки в технологічній системі поєднані технічні засоби, предмет виробництва та виконавець, результатом взаємодії яких є реалізація технологічного процесу чи операції, то об’єктом дослідження може бути:

- вироби на різних стадіях виготовлення;
- технологічний процес та його операції;
- технологічний комплекс, оснащення, інструмент і допоміжні матеріали, що використовуються при виготовленні продукції;
- діяльність персоналу, що здійснює технологічний процес.

В практичній діяльності інженера-технолога експериментальні дослідження широко використовуються для створення нових технологічних процесів, для оптимізації та інтенсифікації технологічних систем, виявлення невикористаних резервів, створення системи оптимального керування та діагностування обладнання, або для покращення його якісних характеристик. В деяких виробництвах технологічні системи стали настільки складними, що не тільки їх проектування та оптимізація, але і нормальне функціонування неможливі без постійного супроводу експериментальними дослідженнями.

Виробнича система, як об’єкт експериментального дослідження, має певні особливості, а саме:

- наявність значної кількості різнорідних елементів (матеріали, цілеспрямовані дії персоналу, технічні засоби, енергетичні впливи тощо);

• сильна дія випадкових факторів, що призводить до того, що, навіть при незмінному налагодженні виробничої системи, здійснюється розсіяння її вихідних характеристик.

Ці особливості визначають представлення виробничої системи чи її складових при експериментальному дослідженні як «чорну скриньку», коли не використовується інформація про структуру об'єкта. Тоді загальна схема опису виробничої системи визначиться знаходженням залежності вихідних параметрів Y від вхідних X, без врахування внутрішніх параметрів (рис. 7.1).

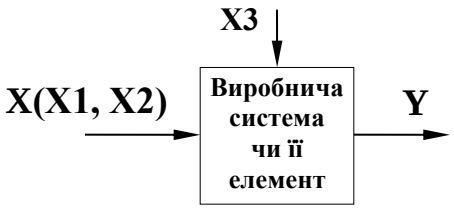


Рисунок 7.1 – Схема експериментального дослідження виробничої системи

Вектор вихідних параметрів Y відображає досліджувану характеристику виробничої системи (показник якості виробу, показник ефективності виробничої системи тощо).

Вектор вхідних керованих і контрольованих параметрів виробничої системи X1 включає як компоненти технологічні керовані і контрольовані параметри (швидкість різання, подача, глибина різання, температура спікання, концентрація фарби, тиск роботи розпилювача тощо) та конструктивні параметри (виліт різця, геометрія різальної частини інструменту, діаметр вихідного сопла розпилювача тощо).

Вектор вхідних некерованих але вимірюваних параметрів виробничої системи X2 включає такі обмежувальні параметри як припуск заготовки, міжцентрова відстань, найбільший діаметр сопла розпилювача тощо.

Вхідні збурюючі фактори X3 своєю дією впливають на протікання технологічного процесу, однак їх вплив не може бути ні проконтрольований, ні тим більш цілеспрямовано змінений (старіння обладнання, непередбачувані зміни властивостей сировини, дрейф режимів, зміна характеристик навколишнього середовища тощо).

Види виробничих експериментальних досліджень.

В залежності від того, який тип факторів враховується при експериментальному дослідженні (рис. 7.2), розрізнятимемо наступні види виробничих експериментальних досліджень:

- статистичний аналіз точності функціонування виробничої системи, Y=f(X3), коли досліджується вплив випадкових збурень на вихідні показники (рис.,а), наприклад, статистичний аналіз якості продукції, аналіз стабільності протікання технологічного процесу тощо;
- пасивний експеримент, Y=f(X2), який дозволяє визначити зв'язок між вхідними та вихідними параметрами в умовах дії збурень X3 при природному протіканні досліджуваних процесів;
- активний експеримент, Y=f(X1), який дозволяє визначити зв'язок між вхідними та вихідними параметрами в умовах дії збурень X3 шляхом варіювання факторами за наперед складеним планом.

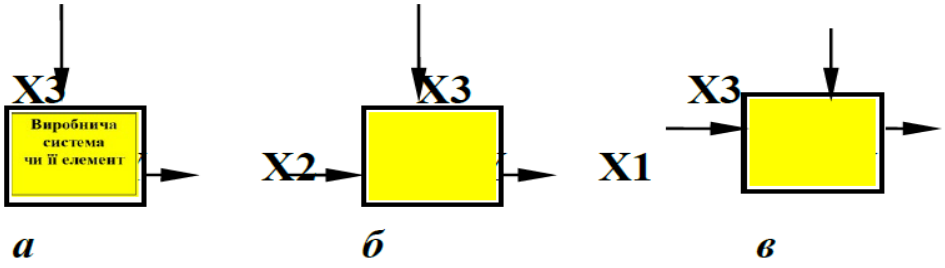


Рисунок 7.2 – Види експериментальних досліджень:
а – статистичний аналіз; б – пасивний; в – активний експеримент

7.2 Статистичний аналіз точності функціонування технологічної системи

Функціонування технологічної машини проходить в умовах дії багатьох випадкових збурень, які викликають певну неточність в реалізації робочих і допоміжних рухів. Як результат виникає розсіяння значень показників якості виробу. При дослідженні процесу функціонування технологічної системи вивчається дія збурюючих факторів на показник її ефективності.

Найбільш відомим прикладом вивчення дії випадкових збурень на процес функціонування технологічної системи є дослідження похибки виготовлення великої партії деталей, коли неможливо передбачити, яке буде відхилення від заданого параметру в конкретної деталі, що обробляється. Часто якість виробу можна охарактеризувати одним визначальним показником, наприклад найточнішим розміром деталі, масою продукту, отриманого при дозуванні, шаром покриття при фарбуванні тощо. Цей показник може використовуватися для характеристики функціональної точності відповідного технічного засобу.

Навіть на добре налагодженому верстаті неможливо передбачити, коли появиться деталь із параметром, що вийшов за межі поля допуску. В цьому випадку можна тільки визначити ймовірність того, що параметр деталі знаходиться в межах поля допуску. Розв'язання проводиться за типовою схемою: знаходиться

теоретичний закон розподілу досліджуваної випадкової величини та вираховується ймовірність прийняття випадковою величиною заданого значення.

Нехай якість виробу, що виготовляється технологічною машиною, або інший вихідний експлуатаційний показник технологічної машини визначаються показником *y*. Прикладом такого показника може бути найбільш точний розмір при механічній обробці (діаметр валику при шліфуванні, маса продукту, що дозується тощо).

При тривалому функціонуванні машина випустить N виробів. Якщо виміряти в них значення показника ***y***, то виявиться, що його значення мають деяке розсіяння (рис. 7.3).

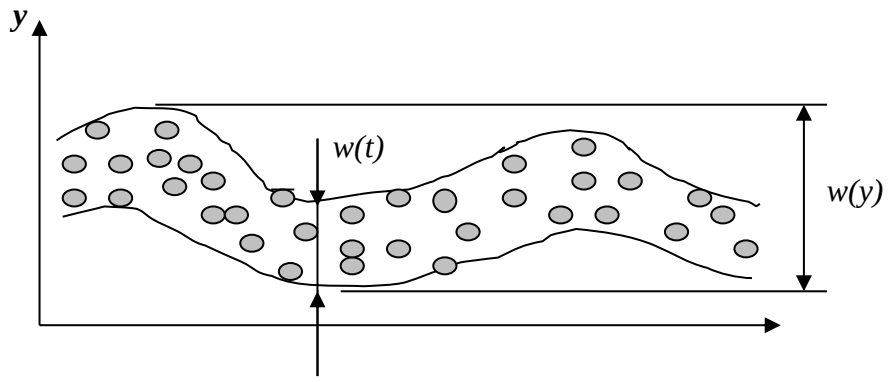


Рисунок 7.3 – Діаграма коливання показника якості виробу при тривалому функціонуванні технологічного комплексу

На діаграмі можна виділити два типи розсіяння – локальне та загальне:

- *локальне розсіяння*, поле якого *w(t)*. Це розсіяння характеризує власну функціональну точність технологічного комплексу або його складових технічних засобів, що визначається конструкцією та внутрішніми збуреннями;
- *загальне розсіяння*, поле якого *w(y)*. Це розсіяння виникає під дією додаткових збурень, які вносяться іншими елементами технологічної системи: коливанням характеристик заготовок, похибками дії оператора при налагодженні та регулюванні, організаційними похибками тощо (рис. 7.4).

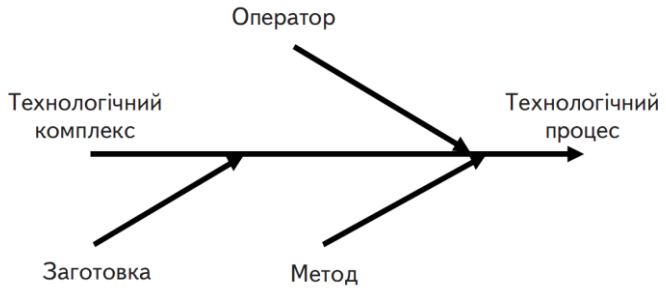


Рисунок 7.4 – Збурення, що впливають на функціональну точність

Функціональна точність по якості виробу оціниться шляхом співставлення параметрів розсіяння із допуском на показник якості реалізації.

Для аналізу функціональної точності по якості виробу технологічного комплексу використовуються наступні показники:

1) коефіцієнт точності $К_т$;

2) коефіцієнт зміщення налагодження $К_н$.

Коефіцієнт точності визначається як відношення поля розсіяння показника ω(*y)* до величини поля допуску на нього *Ty* за виразом:

$$K_T = \frac{\omega(\mathrm{y})}{Ty}.$$

К*оефіцієнт зміщення при налагодженні*

$$K_H = \frac{E_H}{Ty} = \frac{|\bar{y} - y_0|}{Ty},$$

де *Ен* – похибка налагодження, що представляє собою відхилення центру розсіяння *y* відносно середини поля допуску y_0 (рис. 7.5).

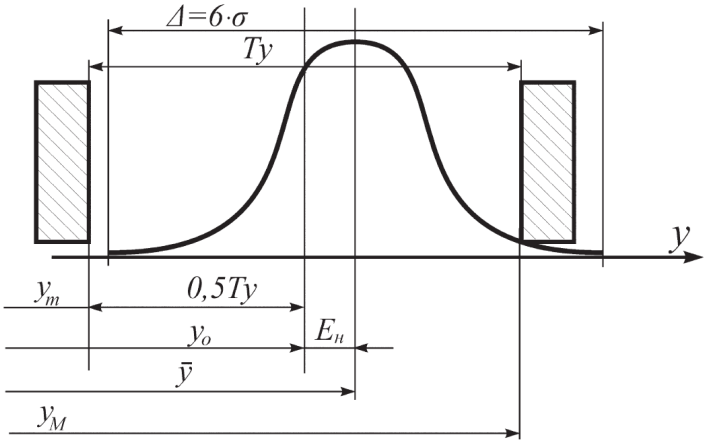


Рисунок 7.5 – Коефіцієнт функціональної точності та коефіцієнт зміщення налагодження технологічного комплексу

Для забезпечення функціональної точності повинні виконуватись умови:

- коефіцієнт точності $K_Т$ *<1;*
- коефіцієнт зміщення налагодження повинен бути менше свого допустимого значення $E_H < [E] = \frac{Ty - w}{2 \cdot Ty}$.

Однак, для визначення цих показників, необхідно знати закон, який описує розподіл значень показника якості. Для цього за результатами експериментальних досліджень визначається відповідність дослідних даних певному типу закону розподілу.

ТЕМА 8 СПРОЩЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ

Об’єм експериментальної роботи, як було показано раніше, безпосередньо залежить від кількості досліджуваних факторів. Для зменшення кількості незалежних змінних досліджувані фактори та показники досліджуваного процесу чи явища можуть бути згруповані в безрозмірні комбінації, загальна кількість яких буде меншою, ніж їх вихідна кількість. Методика побудови цих безрозмірних комбінацій ґрунтується на аналізі розмірностей змінних, що впливають на досліджуваний процес. Для цього змінні повинні бути незалежні, кількісно визначувані та мати розмірність. Визначимо основні поняття аналізу розмірностей.

Розмірними називаються величини, чисельні значення яких залежать від прийнятих масштабів вимірювання, тобто від системи одиниць вимірювання (довжина, маса, сила, час, енергія тощо).

Безрозмірними називаються величини, чисельні значення яких не залежать від прийнятих масштабів і застосованої системи одиниць вимірювання (кут в радіанах як відношення дуги до радіуса, відношення двох довжин, відношення енергії до моменту сили тощо).

Оскільки всі змінні досліджуваного явища чи процесу як фізичні величини певним чином між собою пов’язані, то частину із цих величин приймають за основні, для них встановлюють одиниці вимірювання, а одиниці решти змінних виражають через одиниці основних. Одиниці вимірювань основних величин називають *основними,* а всі решту – *похідними.* Розмірність похідної одиниці визначається за допомогою визначального рівняння, яке описує її математичний зв’язок з основними одиницями, в якому коефіцієнт пропорційності відповідає одиниці. В загальному випадку вираз для похідної одиниці представляє собою добуток основних величин, піднесених до певного степеню.

До основних одиниць, визначених Міжнародною системою одиниць, які використовуються в механіці, відносяться: кілограм, метр, секунда, градус Кельвіна. Символ одиниці довжини позначають L, маси M, температури K, часу T. В подальшому розмірність величини x будемо позначати квадратними дужками: $[x]$. Одиниця швидкості, наприклад, визначиться наступним чином

$$[v] = \frac{[l]}{[t]} = \frac{L}{T} = L \cdot T^{-1},$$

де L, T – відповідно розмірності одиниць довжини і часу.

Визначальним рівнянням одиниці сили є другий закон Ньютона

$$F = m \cdot a; [F] = [m] \cdot [a] = M \cdot L \cdot T^{-2}.$$

Розмірність одиниці роботи

$$[A] = [F] \cdot [l] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}.$$

В основу застосування аналізу розмірностей покладено π-теорему подібності, яка формулюється наступним чином:

Якщо існує однорідна відносно розмірностей залежність, що повністю описує процес або явище, наступного вигляду

$$\varphi(y, x1, x2, x3, ..., x_{n-1}) = 0,$$

яка зв'язує п фізичних величин за допомогою k основних одиниць, то ця залежність завжди може бути поданою як залежність між (n-k) безрозрозмірними комбінаціями, скомбінованими із цих величин в вигляді

$$\varphi'(\pi_1, \pi_2, \pi_3, ..., \pi_{n-k}) = 0.$$

В цьому визначенні використано поняття однорідної відносно розмірностей залежності, під якою розуміють рівняння, форма якого не залежить від вибору основних одиниць вимірювання. Наприклад, запис другого закону Ньютона не залежить від вибору одиниць виміру маси рухомого тіла.

Методику розглянемо на прикладі вдосконалення плану експериментального дослідження безконтактного контролю плоских деталей за допомогою пневматичного вимірювального приладу для (рис.7.6, в).

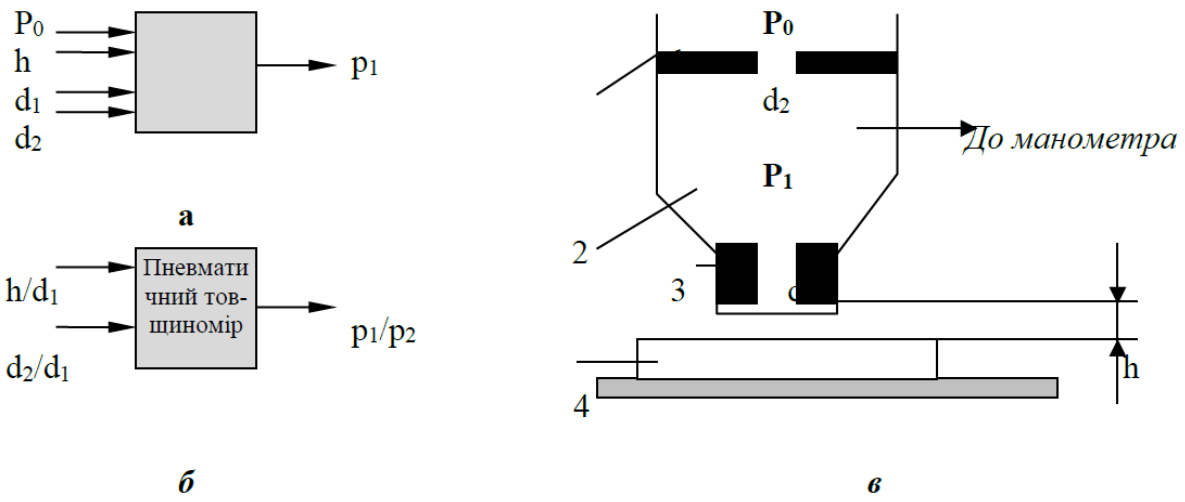


Рисунок 7.6 – Вихідна (а) та вдосконалена (б) схеми експерименту та конструкція товщиноміра (в): 1 – вхідний дросель; 2 – вимірювальна камера; 3 – вихідний дросель; 4 – деталь.

Для проведення вимірювання в вимірювальну камеру приладу через вхідний дроссель із прохідним діаметром d_2 поступає стиснене повітря під тиском p_0. Стиснене повітря виходить через кільцевий зазор висотою h, що утворюється між вихідним дросселем з діаметром d_1 та вимірюваною деталлю. В процесі вимірювань тиск на вході в прилад p_0 підтримується постійним, а тиск в вимірювальній камері p_1 залежитиме від висоти кільцевого зазору h. Величину тиску p_1 вимірюють, а по його величині роблять висновок про величину відстані від поверхні деталі до вихідного дросселя h, отже, про значення товщини деталі.

Експериментальне дослідження приладу передбачає вивчення впливу на величину тиску в вимірювальній камері p_1 постійного вхідного тиску p_0, діаметрів вхідного d_2 і вихідного d_1 дроселів, а також відстані h між вихідним дроселем та деталлю (рис.7.6, а). Очевидно, при цьому вважається, що повітря є нестисним, тертя повітряних струменів в приладі відсутнє, інерційні сили при вимірюванні також відсутні. Залежність між цими змінними невідома, тому її запишемо її в загальній формі як

$$p_1 = \varphi(p_0, h, d_1, d_2).$$

В найбільш загальному випадку між цими змінними існуватиме співвідношення вигляду

$$p_1 = \varphi(p_0^a, h^b, d_1^c, d_2^d).$$

Розмірність всіх змінних вихідної залежності може бути виражена за допомогою трьох основних одиниць: маси *M*, довжини *L* та часу *T* (таблиця 1).

Таблиця 1 – Розмірність змінних

Змінна	Позначення	Розмірність
Тиск в вимірювальній камері	p_1	$ML^{-1}T^{-2}$
Вхідний постійний тиск	p_0	$ML^{-1}T^{-2}$
Діаметр вимірювального дросселя	d_1	L
Діаметр вхідного дросселя	d_0	L
Відстань від дросселя до деталі	h	L

Підставимо в вихідну залежність замість змінних їх розмірності

$$ML^{-1}T^{-2} = \varphi\left[(ML^{-1}T^{-2})^a, L^b, L^c, L^d\right].$$

Якщо до цього виразу висунути вимогу однорідності відносно розмірностей, як це вимагається в π-теоремі, то показники степені в лівій та правій частинах повинні бути рівними. Тоді отримаємо

для *M* : $1=a;$
для *L* : $-1 = -a+b+c+d;$
для *T* : $-2 = -2a.$

Ми отримали три рівняння із чотирма невідомими. Виключимо із системи рівнянь величини *a* і *c.* Тоді отримаємо

$$1 = a; c = -b - d; 1 = a.$$

Підставивши отримані величини в вихідну залежність, отримаємо

$$p_1 = \varphi(p_0^1, h^b, d_1^{-b-d}, d_2^d).$$

Об’єднаємо члени із одинаковими показниками степені, що дозволить перейти до безрозмірних комбінацій змінних:

$$\frac{p_1}{p_0} = \varphi\left(\frac{h}{d_1}, \frac{d_2}{d_1}\right).$$

Такий перехід дозволив спростити експериментальне дослідження, оскільки замість вихідних п’яти змінних в експериментальному дослідженні братимуть участь тільки три безрозмірні комбінації цих величин (рис. рис.7.6, б). При цьому значно спрощується графічне представлення експериментальних даних.

ТЕМА 9 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Стаття – науковий або публіцистичний твір невеликого розміру в збірнику, або в газеті. Метою статті є викладення нового теоретичного або експериментального матеріалу в даній галузі науки, техніки, економіки тощо.

Наукова публікація – основний, а у фундаментальній науці – практично єдиний результат діяльності вченого. Відповідно, написання публікацій – основне його заняття. Головна мета наукової публікації для автора – зробити роботу надбанням інших дослідників і зафіксувати свій пріоритет у обраній сфері досліджень.

Це досягається публікацією трьох блоків інформації:

1) результатів досліджень;

2) результатів аналізу;

3) повідомлень про себе, як про автора (ів) досліджень і (або) аналізу.

За змістом статті можна розділити на:

- оглядові статті, в яких наводиться інформація про вже опубліковані статті на обговорювану тему, наводиться аналіз стану питання в даній галузі знань, відзначаються тенденції розвитку тощо;
- статті, присвячені вирішенню конкретного питання;
- теоретичні, в яких наводяться нові ідеї, моделі реальних об'єктів, новий погляд на ці об'єкти і т. п.;
- практичні, в яких наводиться опис конкретних методів, пристроїв, технологій, експериментальних даних тощо.

З погляду читача публікація виконує іншу мету. Вона повинна містити короткий, але докладний звіт про проведене дослідження, який дозволяє провести його об’єктивне обговорення. Звіт повинен містити достатню кількість даних і посилань на опубліковані джерела інформації, щоб колегам можна було оцінити і самим перевірити роботу. Написати хорошу публікацію – означає досягти цих двох цілей.

При всьому різноманітті форм наукових публікацій найбільш важлива з них – стаття в журналі або іншому періодичному чи неперіодичному виданні. Передбачається, що автор, який пише статтю, отримав теоретичні або експериментальні матеріали щодо предмета досліджень.

Предметом (об'єктом) дослідження в техніці можуть бути:

- фізичні ефекти (в тому числі, фізико-хімічні, електрофізичні, електрохімічні і т.п.);
- методи і способи (технології) виробництва продуктів в різних галузях промисловості;
- методи і пристрої контролю параметрів технологічних процесів;
- методи і пристрої для вимірювання різних фізичних величин;
- обладнання, пристрої, прилади, електричні схеми та їх елементи;
- методи створення перерахованих вище технологій і пристроїв;
- обчислювальні алгоритми, інформаційні технології та багато іншого.

Крім того, істотне значення в наукових дослідженнях займають моделі та їх дослідження.

Метою досліджень, як правило, є встановлення суті проблеми (системи, питання тощо), зв’язок цієї проблеми з іншими проблемами, встановлення причинно-наслідкових зв’язків між елементами проблеми, а також між проблемою і зовнішнім середовищем.

Нарешті, будь-яке дослідження – це не лише «задоволення власної цікавості за державний рахунок», а й пошук шляхів вирішення проблеми, шляхів поліпшення стану питання, технічних характеристик тощо.

Результати досліджень, як правило, надаються у вигляді графіків, малюнків, таблиць, моделей, які можуть входити в звіти, дисертації, книги та статті.

Структура статті у науково-технічному журналі регламентується нормативними документами і повинна включати:

- постановку проблеми у загальному вигляді та її зв’язок із важливими науковими чи практичними завданнями (актуальність роботи);

- аналіз останніх джерел і публікацій, в яких описано рішення даної або подібної проблеми і на які посилається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття;

- формулювання цілей статті (постановка завдання);

- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;

- висновки з даного дослідження і перспективи подальших робіт в даному напрямку.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Поняття про науку як систему знань.
2. Рівні наукового пізнання.
3. Фундаментальні і прикладні дослідження.
4. Особливості розвитку науки.
5. Роль науки в розвитку промислового виробництва.
6. Види прикладних досліджень
7. Методологічні аспекти наукового дослідження.
8. Загальнофілософські методи дослідження.
9. Загальнонаукові методи дослідження.
10. Методи, що використовуються на теоретичному і емпіричному рівнях дослідження
11. Конкретно-наукові методи дослідження.
12. Інформаційне забезпечення наукового дослідження. Інформаційна база досліджень.
13. Способи первинної обробки інформації, її джерела і носії.
14. Наукові документи та видання.
15. Інформаційний пошук.
16. Система УДК, види каталогів.
17. Пошук інформації за ключовим словом.
18. Науково-технічна патентна інформація.
19. Структура МПК.
20. Вибір напрямку та теми, формування задач наукових досліджень.
21. Поняття актуальності дослідження та визначення ступеня його наукової розробки.
22. Попереднє ознайомлення з літературою та визначення головних напрямків дослідження.
23. Збирання і відбір інформації для проведення дослідження.
24. Формулювання загальної і проміжної цілей дослідження.
25. Загальна структура дослідницької роботи .
26. Основні складові і етапи проведення наукового дослідження.
27. Структура фундаментального наукового дослідження.
28. Структура прикладного наукового дослідження.
29. Приклад фундаментального наукового дослідження.
30. Приклад прикладного наукового дослідження.
31. Методологія теоретичних досліджень.
32. Застосування аналітичних моделей і їх агрегування.

33. Застосування системних моделей в теоретичних дослідженнях.
34. Особливості прийняття допущень при побудові теоретичних моделей.
35. Приклад прийняття допущень при побудові теоретичних моделей.
36. Проведення експериментальних досліджень.
37. Розробка програми і плану експериментального дослідження.
38. Визначення послідовності проведення дослідів.
39. Визначення кількості необхідних дослідів.
40. Класичний план проведення однофакторного експерименту.
41. Рандомізований план проведення однофакторного експерименту
42. Метод найменших квадратів.
43. Спрощення експерименту методами теорії подібності.
44. Основи аналізу розмірностей фізичних величин.
45. Оосновні і похідні величини.
46. Спрощення експерименту методами теорії подібності.
47. Теорема подібності Букінгема.
48. Визначення кількості безрозмірних комбінацій величин.
49. Приклад застосування аналізк розмірностей.
50. Види, особливості викладу та форми впровадження результатів дослідження.
51. Правила оформлення звіту наукової роботи (посилання на джерела, таблиці, ілюстрації, скорочення, формули тощо).
52. Наукова стаття та її структурні елементи.
53. Документи захисту інтелектуальної власності.
54. Відкриття, винахід, вдосконалення в технічній творчості.
55. Правила оформлення патенту на винахід та на корисну модель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Колесников О. М. Основи наукових досліджень: Київ: Центр навчальної літератури, 2019. 144 с.
2. Мальська М. М, Паньків Н. І. Основи наукових досліджень : навчальний посібник: Львів: Вид-во ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 226 с.
3. Основи наукових досліджень: навчальний посібник / О. М. Сінчук, Т. М. Берідзе, М. Л. Барановська, О. В. Данілін, Д. О. Кальмус. Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2022. 196 с.
4. Основи наукових досліджень: навч. посіб. / Г. Г. Стрелкова, М. М. Федосенко, А. І. Замулко, О. С. Іщенко : Київ: Вид-во КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 120 с.

5. Palchevskiy B., Krestyanpol L. Application of predictive maintenance in the packaging production. Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOS. 2022. № 3. P. 27-33.

6. Palchevskyi B., Krestianpol O., Krestianpol L. The use of anylogic system for modelling a flexible automated packing system in training engineering students. Information Technologies and Learning Tools. 2020. Vol.75. N 1. P. 225-236.

7. Пальчевський Б. О., Крестьянполь Л. Ю. Побудова діагностичної матриці як компоненти розробки інтелектуальної виробничої системи. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2019. №3 (64). С. 63-70.

8. ДСТУ ISO 7870-2:2016(ISO 7870-2:2013, IDT) Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта - введено в дію 01.09.2016 https://bitly.su/kfgI

АВТОМАТИ ТА АВТОМАТИЧНІ ЛІНІЇ
(укладач Пальчевський Б. О.)

ТЕМА 1 ВСТУП. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Техніко-економічні переваги автоматизованого виробництва

Автоматизація є засіб підвищення продуктивності виробництва, зниження собівартості виготовлення продукції, покращення її якості, вивільнення значної кількості працівників, скорочення виробничих площ і покращення умов праці.

В економічному аспекті автоматизація стає доцільною тільки у випадку отримання економічного ефекту, який досягається в одному із напрямків:

-підвищення якості виробів;

-підвищення продуктивності виробництва;

-скорочення кількості працівників на основних і допоміжних роботах.

Підвищення якості виробів досягається тим, що усувається вплив працюючого на технологічний процес виготовлення виробу. В цьому випадку підвищується стабільність характеристик якості виробів, які стають більш подібними один до одного, оскільки вплив одного із джерел випадкових факторів – людини, зменшується або повністю усувається. Економічний ефект від підвищення якості виробів, що досягається при автоматизації, складає біля 10 % від загального економічного ефекту в машинобудівному виробництві та біля 15-20 % в пакувальному виробництві.

Підвищення продуктивності забезпечується більш швидкими допоміжними транспортно-маніпуляційними рухами, раціональним створенням послідовних і паралельних робочих позицій. Створення нових високо інтенсивних технологічних процесів вимагають від технологічних машин рухів із швидкостями і точністю, недоступними для людини. Участь людини навіть тільки в керуванні такою машиною різко знижує її продуктивність.

Частка економічного ефекту від підвищення продуктивності при автоматизації виробничих процесів складає 70-75 % від загального економічного ефекту в машинобудуванні та біля 60-70 % в пакувальному виробництві.

Зниження кількості працюючих досягається, перш за все, зменшенням кількості основних робітників, бо в сучасних автоматизованих технологічних процесах закладають принципи концентрації операцій і інтенсифікації технологічних режимів. Автоматичне підтримування режимів роботи обладнання зменшує кількість контрольних операцій, а автоматичне високоінтенсивне транспортування – кількість допоміжних працівників. Скорочення кількості

працівників на основних і допоміжних роботах (10-15 % загального економічного ефекту).

Оскільки зміст виробництва формують технологічні процеси, бо саме в них закладені всі потенційні можливості підвищення якості продукції і підвищення продуктивності, то визначимо поняття автоматизації виробничих процесів наступним чином.

Автоматизація виробничих процесів – це комплексна конструкторсько-технологічна задача по створенню високопродуктивних засобів виробництва на принципово новому технологічному рівні.

Ця задача включає:

1) створення високоінтенсивного керованого технологічного процесу (часто це є технологічний процес, який взагалі неможливо здійснити при безпосередній участі людини);

2) створення на основі цього технологічного процесу високопродуктивного технологічного обладнання.

1.2 Основні поняття і терміни

Технологічна система – це сукупність функціонально взаємозв'язаних засобів технологічного спорядження, предметів виробництва та виконавців для здійснення в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів та операцій.

До **предметів виробництва** відносяться: матеріал, заготовка, напівфабрикат та виріб, що перебувають відповідно до виконуваного технологічного процесу в стадії збереження, транспортування, формоутворення чи обробки, складання, ремонту, контролю та випробувань.

За видом матеріального потоку розрізняються **безперервні, дискретні** та **дискретно-безперервні** технологічні системи.

Неперервні ТК – в яких сировина надходить, а продукт виробляється і виходить практично безперервно. Вплив на сировину здійснюється безперервно такими постійно діючими факторами як тепло, тиск, концентрація компонентів тощо. Це хімічні та переробні процеси, прокат листів, виробництво пластмасових труб та плівок тощо.

Дискретні ТК характерні тим, що об'єкт обробки подають на вхід і забирають з виходу окремими порціями, найчастіше поштучно. Вони представляють собою циклічну послідовність повторюваних операцій, що мають початок і кінець. В дискретних технологічних системах технологічний процес повторюється багаторазово, окремо для кожного виробу. Дискретні технологічні комплекси мають періодичну повторюваність рухів, що створює циклічність в їх

роботі. Ця циклічність визначається тривалістю часу між двома повторюваннями однієї операції і називається *робочим циклом*. При роботі дискретних технологічних комплексів чергуються рухи робочих та допоміжно-транспортних механізмів чи вузлів.

Що стосується **регламентованих умов виробництва**, то до них віднесено: регулярність подавання предметів виробництва, параметри енергозбереження, параметри зовнішнього середовища тощо.

1.3 Структура технологічного комплексу

Засоби технічного спорядження – це **технологічний комплекс** – сукупність функціонально взаємозв'язаних засобів технічного спорядження для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів та операцій.

Якщо ТК виконує технологічну операцію, то його називають технологічною машиною. Якщо ж ТК виконує багатоопераційний технологічний процес, то він представляє собою **технологічну лінію** (рис. 1.1).

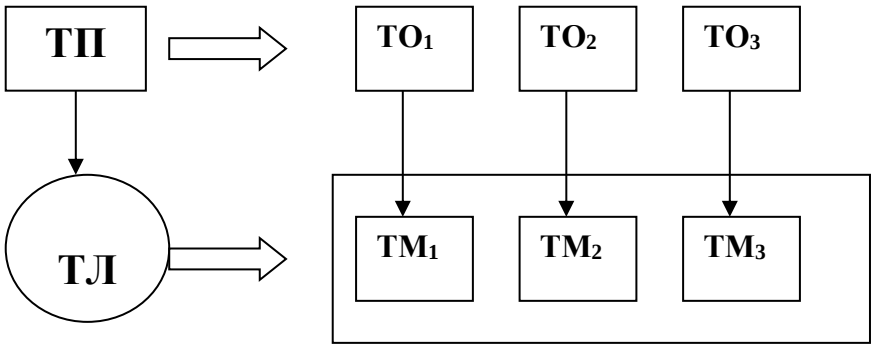


Рисунок 1.1 - Види технологічних комплексів

Технологічна (потокова) лінія є сукупність засобів технічного спорядження в вигляді системи технологічного обладнання для виконання в регламентованих умовах виробництва заданого технологічного процесу. Для створення технологічної лінії здійснюється вибір технологічного обладнання із умови забезпечення якості продукції, заданої продуктивності, собівартості продукції, максимальної тривалості роботи лінії без простоювань тощо.

В технологічній лінії окрім робочих процесів відбуваються і транспортні процеси: міжпозиційне переміщення предметів, маніпулювання ними тощо. Такі транспортні процеси забезпечують безперервність проходження матеріального потоку через технологічну систему. Ці технічні засоби реалізують два види технологічних процесів та операцій – машинні і апаратні, тому їх розподіляють на технологічні апарати і технологічні машини.

Технологічний апарат є технічним засобом, що здійснює робочу дію на виріб в робочій камері шляхом дії градієнтів температури, концентрації, вологості, різниці потенціалів ультразвукової дії, ультрафіолетового, інфрачервоного опромінення тощо. В прикладі – це тунельний пастеризатор, який здійснює робочу дію градієнтом температури - нагрів, витримку і охолодження продукції.

Решта технічних засобів представляють собою технологічні машини.

Технологічна машина – це система технічних засобів для реалізації окремої технологічної операції, призначених для виконання корисної роботи шляхом зміни форми, розмірів, структури, фізико-механічних властивостей, положення виробів. Для цього технологічна машина має набір функціональних вузлів і механізмів для виконання робочих дій .

Під машиною розуміють сукупність механізмів та вузлів, що виконують відповідні дії для перетворення матеріального (предмети виробництва), енергетичного або матеріального потоків.

Оскільки в машині той чи інший потік може бути визначальним, то розрізняють три класи машин:

- **машини-двигуни**, що перетворюють один вид енергій в інший (електродвигуни, пневмоциліндри, електромагніти тощо);
- **обчислювальні машини**, які використовуються для обробки інформації (систематизація, аналіз і використання для керування;
- **робочі або технологічні машини,** які змінюють форму, розміри, стан, фізико-хімічні властивості, положення в просторі матеріального потоку виробів.

При реалізації технологічного процесу в технологічній машині взаємодіють три види вхідних потоків: енергії, матеріалів та інформації (рис.1.2).

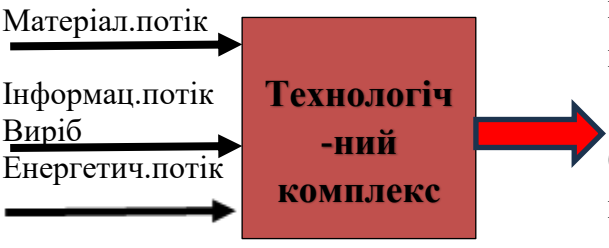


Рисунок 1.2 – Види вхідних потоків в технологічній машині

В результаті взаємодії цих вхідних потоків в технологічній машині відбувається:

- надання вхідним матеріалам (штучні заготовки, напівфабрикати, несформована маса в рідкому, в'язкому чи сипучому вигляді) відповідних характеристик предмета виробництва шляхом використання енергії неживої природи для реалізації технологічних перетворень;
- транспортне переміщення матеріального потоку предметів виробництва через технологічну машину, що забезпечує безперервність процесу виготовлення предметів виробництва;

- задання інформації про характеристики предмета виробництва та її трансформація в керуючі команди технологічній машині. В цьому випадку технологічний процес, що реалізується технологічною системою, може розглядатись як процес послідовної матеріалізації інформації про характеристики предмета виробництва.

Технологічна машина складається з двигуна, передавального і виконавчих механізмів і системи автоматичного контролю. Виконавчий механізм складається з механізмів робочих і допоміжних ходів. Механізм робочих ходів визначає службове призначення технологічної машини. Кількість таких механізмів змінюється в залежності від складності машини.

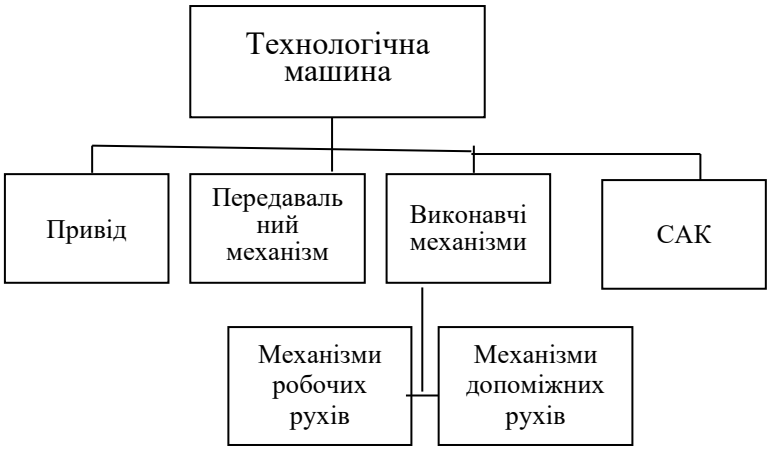


Рисунок 1.3 – Структура технологічної машини

Автомат. *Автоматична робоча машина (технологічний автомат) – сукупність технічних засобів, що при виконанні технологічного процесу самокеровано виконує всі робочі і допоміжні рухи і дії робочого циклу.*

Очевидно, що автомат повинен мати в своєму складі виконавчі механізми робочих і допоміжних рухів, а також мати систему керування, яка координує роботу цих механізмів. Тоді структурна схема автомата матиме наступний вигляд (рис.).

Привід – здійснює перетворення різних видів енергії в механічну (електричний привід, пневматичний привід, гідравлічний привід тощо).

Передавальні механізми – здійснюють передавання механічної енергії до виконавчих і допоміжних механізмів. Вони описуються в вигляді кінематичних, пневматичних, гідравлічних, електромеханічних схем.

Робочі механізми визначають службове призначення технологічної машини, наприклад фасувальна машина, етикетувальна машина тощо.

Система автоматичного контролю забезпечує синхронізацію роботи всіх механізмів машини.

1.4 Класифікація транспортно-технологічних схем за їх придатністю до автоматизації

Технологічний комплекс в процесі виготовлення чи пакування виробу поєднує виконання двох видів рухів: технологічний рух, який змінює характеристики виробу, наприклад при обробці, і транспортний рух, необхідний для проходження виробу як предмету обробки через робочу зону. Розглянемо класифікацію ТТС, в основу якої закладено характер відношення транспортного і технологічного рухів. За цим критерієм всі ТТС і реалізуючі їх технологічні машини розділені на чотири класи.

Для **ТТС і машин першого класу** характерне пряме протиріччя між транспортним і технологічним рухами. Обробка відбувається після завершення транспортного руху предмету обробки (подачі його в робочу зону машини) і навпаки, тобто один рух переривається іншим (рис. 1.4). Це машини дискретної дії. До цього класу належить більшість існуючих верстатів і пресів для обробки поштучних виробів.

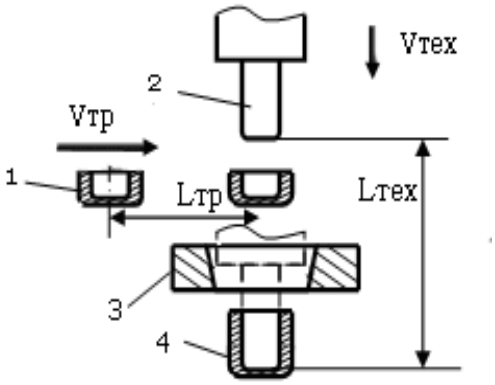


Рисунок 1.4 – ТТС першого класу

Сорочення часу на виконання транспортного і технологічного рухів може бути досягнуто тільки збільшенням відповідних швидкостей.

Для **ТТС і машин другого класу** характерно співпадіння транспортного і технологічного рухів. Транспортний рух стає неперервним, а транспортна швидкість $v_{тр}$ і технологічна швидкість $v_{тех}$ рівні між собою. Прикладом машин цього класу можуть бути безцентрово-шліфувальні верстати, верстати для накатки монет тощо (рис. 1.5).

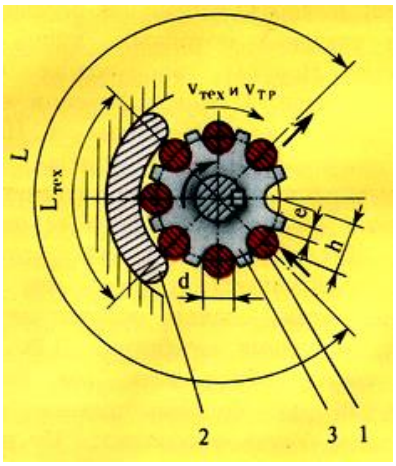


Рисунок 1.5 – ТТС другого класу

Тому при виготовленні машин другого класу підвищення їх продуктивності потребує збільшення транспортної швидкості, але оскільки транспортна швидкість рівна технологічній, то підвищення продуктивності обмежується допустимими значеннями технологічної швидкості.

В пакувальному виробництві машини другого типу застосовуються для виготовлення пакувальних матеріалів – полімерних плівок, паперу, гофрокартону, комбінованих вальцьованих матеріалів тощо.

ТТС і машини третього класу відрізняються від машин другого класу незалежністю між транспортним і технологічним рухами. В цих машинах обробка здійснюється в процесі неперервного транспортування предметів обробки разом із обробляючим інструментом через робочу зону машини (рис. 1.6).

Перші машини, створені за даним принципом, отримали назву роторних. Продуктивність машин третього класу, як і машин другого класу, визначається тривалістю робочого циклу, але, на відміну від них, не обмежується прямо технологічною швидкістю обробки, тому при роботі машин третього класу підвищення їх продуктивності теоретично пов’язано тільки зі збільшенням транспортної швидкості.

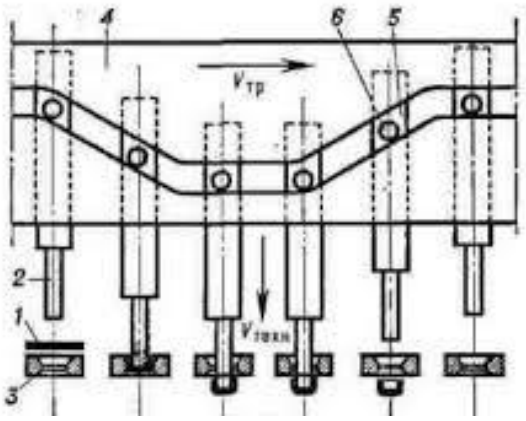
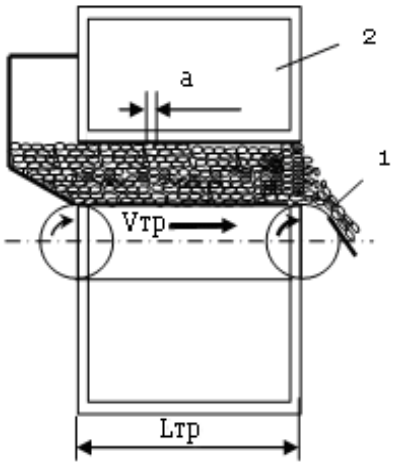


Рисунок 1.6 – ТТС третього класу

Машини третього типу широко застосовуються для фасування рідких і в’язких продуктів, закупорювання тари, нанесення етикеток, забезпечуючи продуктивність до 60 тис. пляшок/год.

Для **ТТС і машин четвертого класу** характерна не тільки незалежність швидкості транспортного руху від технологічної швидкості, але і незалежність від них інших параметрів технологічної операції. В машинах четвертого класу обробка здійснюється в процесі масового транспортування предметів в будь-якому положенні через робочу зону машини. Поняття «обробляючий інструмент» замінюється поняттям «обробляюче середовище», яке здійснює технологічну дію безпосередньо на весь потік обробки, що проходить через робочу зону машини (рис. 1.7).



Рисуногк 1.7 – ТТС четвертого класу

При створенні машин четвертого класу підвищення їх продуктивності може бути досягнуто як за рахунок збільшення транспортної швидкості, так і за рахунок збільшення поперечного перерізу потоку предметів обробки. До цього класу машин відносяться шнекові і барабанні агрегати для термічної або хімічної обробки, сушильні агрегати тощо. Технологічні машини четвертого типу застосовуються для обробки масивів тари і упаковок при їх стерилізації, при пакуванні в термозбігальну плівку тощо.

ТЕМА 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Підвищити якість продукції, що випускається можна за рахунок удосконалення технологічних процесів. Однак сьогодні цього мало. Інтелектуалізація виробництва дозволяє підвищити виробничі показники за

рахунок впровадження потужного інформаційного інструментарію. Він представляє собою єдину інформаційну систему, яка дозволяє правильно і швидко приймати потрібні рішення. Оптимізація функціонування виробничих систем дає можливість швидше налагодити випуск потрібної продукції, удосконалити використання коштів і систему управління ризиками.

Сьогодні в самих різних областях науки і техніки вимагається виконання машинами тих завдань, які раніше під силу були тільки людині. Такі завдання вирішують автоматизовані виробничі системи та їх компоненти, створені на основі штучного інтелекту, які знаходять все більше застосування в техніці. Вони отримали назву інтелектуальні виробничі системи.

Поняття інтелектуальної виробничої системи сформувалося під впливом зростаючих можливостей інформаційних технологій, що проникають в усі сфери сучасного виробництва. Початковим етапом розвитку інформатизації виробництва стала поява гнучких виробничих систем (ГВС), удосконалення яких призвело до становлення комп'ютеризованого інтегрованого виробництва.

Основне завдання штучного інтелекту зазвичай тлумачиться, як властивість автоматичної виробничої системи брати на себе окремі функції інтелекту людини.

До області вирішуваних інтелектуальними системами завдань відносяться завдання, що володіють, як правило, такими особливостями.

1. У цих завданнях невідомий алгоритм їх вирішення (такі завдання називають інтелектуальними).

2. У таких завданнях передбачається наявність вибору.

Тому інтелектуальна САК реалізує три функції керування.

1. Ідентифікація системи полягає в отриманні оцінки миттєвої якості процесу чи функціонування машини за допомогою визначення деякого показника якості, який може порівнюватися із його заданим значенням.

2. Прийняття рішення полягає в пошуку напряму зміни програми керування в напрямі підвищення якості процесу.

3. Настроювання передбачає фізичну або механічну зміну в керуванні машиною.

Схема взаємодії процесів в ІВС наведена на рисунку 2.1.

Відповідно до взаємопов’язаних процесів в структурі ІВС. Можна виділити виконавчу систему, яка реалізує фізичний процес, систему керування, яка реалізує алгоритм керування мащиною, і інтелектуальну (креативну) систему, яка забезпечує корекцію алгоритмів функціонування ІВС в залежності від впливу зовнішніх і внутрішніх впливів.

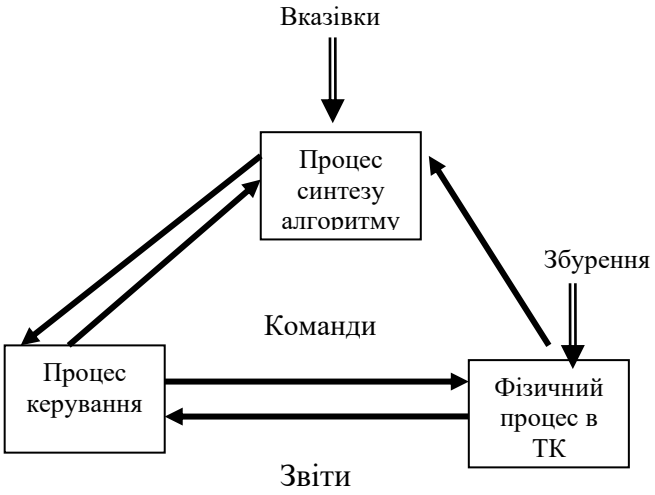


Рисунок 2.1 – Взаємодіючі процеси в ІВС

2.1 Основні поняття і терміни

При проектуванні нової лінії або модернізації існуючої, вирішальним фактором є прогресивна технологія. Тому лінії, як правило, створюють на основі заздалегідь відпрацьованих технологічних процесів для кожного виробничого комплексу.

Технологічна система – це сукупність функціонально взаємозв'язаних засобів технологічного спорядження, предметів виробництва та виконавців для здійснення в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів та операцій.

До **предметів виробництва** відносяться: матеріал, заготовка, напівфабрикат та виріб, що перебувають відповідно до виконуваного технологічного процесу в стадії збереження, транспортування, формоутворення чи обробки, складання, ремонту, контролю та випробувань.

Що стосується **регламентованих умов виробництва**, то до них віднесено: регулярність подавання предметів виробництва, параметри енергозбереження, параметри зовнішнього середовища тощо.

Засоби технічного спорядження – це **технологічний комплекс –** сукупність функціонально взаємозв'язаних засобів технічного спорядження для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів та операцій (рис. 2.2).

Якщо ТК виконує технологічну операцію, то його називають технологічною машиною. Якщо ж ТК виконує багатоопераційний технологічний процес, то він представляє собою **технологічну лінію**.

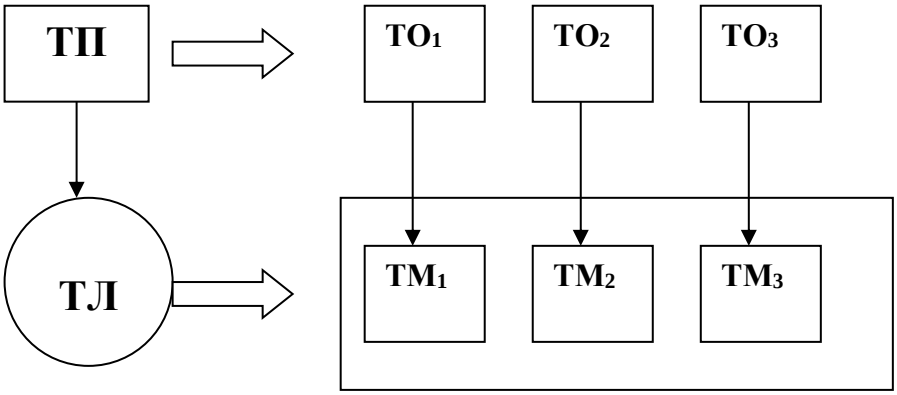


Рисунок 2.2 – Види технологічних комплексів

2.2 Види транспортно-технологічних схем

Транспортно-технологічна схема (ТТС) за нормативним документом – це схема виробничого процесу або його частини, в якій всі виробничі операції (технологічні, транспортні, контрольні) задані графічно в послідовності і взаємозв'язку.

В сучасному виробництві під **виробничим процесом** розуміють сукупність всіх дій людей та знарядь виробництва, необхідних на даному підприємстві для виготовлення чи ремонту продукції. Сучасне автоматизоване виробництво реалізує складний виробничий процес, який складається із багатьох різнорідних процесів, які розділяються на дві групи: технологічні і нетехнологічні або допоміжні процеси.

Технологічний процес є основою виробничого процесу, він є тією частиною виробничого процесу, що включає цілеспрямовані дії, пов'язані із зміною стану предмету праці (виготовлення тари, дозування продукту, герметизація упаковки, механічна обробка виробу, складання двох деталей тощо). Поруч із технологічними, виробничий процес включає нетехнологічні процеси, які не змінюють геометричну форму, розміри чи фізико-хімічні властивості виробу (рис. 2.3). Найбільш важливими з них є транспортно-маніпуляційні процеси.

Нетехнологічні або допоміжні – це процеси, які не змінюють предмет виробництва (транспортування виробу, розділення чи переформування потоків виробів, комплектування тощо). В умовах автоматизованого виробництва ці процеси часто поєднуються з технологічними, створюючи ТТС пакування виробів.

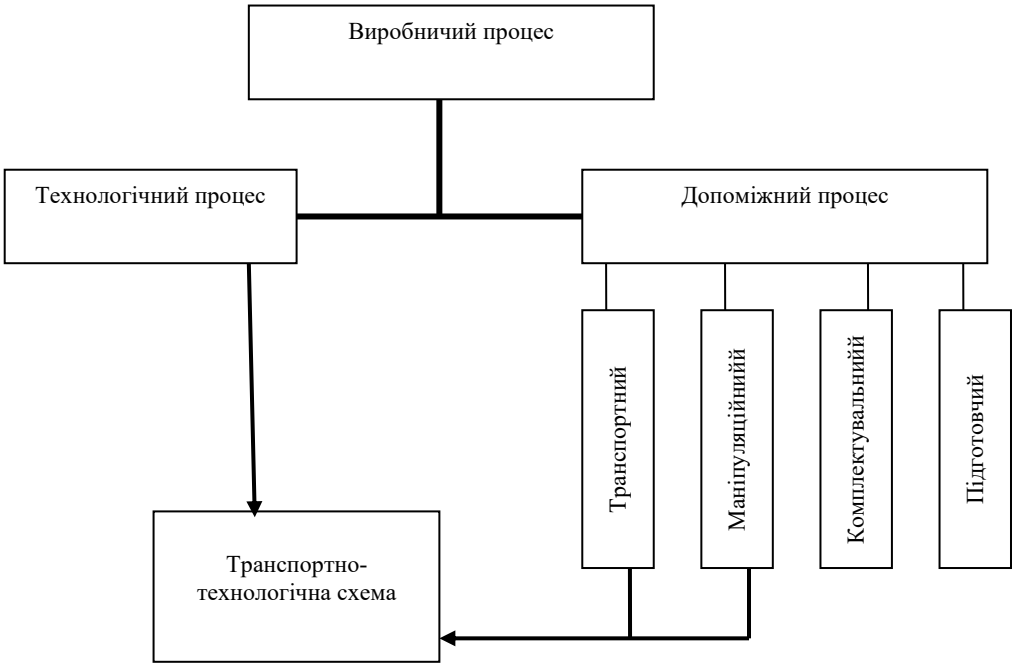


Рисунок 2.3 – Виробничий процес

В автоматизованій лінії фасування пива відбуваються робочі процеси, які зв’язані з безпосередньою зміною стану предмета виробництва. Окрім робочих процесів відбуваються і транспортні процеси: міжпозиційне переміщення предметів, маніпулювання ними тощо.

Для того, щоб сформувати ТТС фасування пива в скляні пляшки для заданої продуктивності, наприклад 60000 пляшок/годину, необхідно попередньо визначити види транспортних одиниць в автоматичній лінії, а саме:

- для розміщення пляшок, наприклад, використовуються полімерні ящики місткістю 20 пляшок кожен;
- транспортні піддони містять по 24 ящики в кожному.

Тоді для створення ТТС пакування визначають технологічний маршрут пакування – послідовність виконання основних технологічних операцій (підготовка продукту – підготовка тари – фасування-закупорювання – пастеризація – етикетування – відведення пляшок). Технологічний маршрут доповнюються контрольними операціями (контроль ящиків, контроль чистоти пляшок, контроль закупорювання, контроль рівня наливу тощо) і транспортно-маніпуляційними операціями (формування і розформування пакетів, вкладання пляшок в ящики, переформування матеріальних потоків тощо).

В результаті уточнюються вимоги до ТТС, яка реалізується технологічною і транспортною підсистемами.

Транспортно-технологічна схема опишеться в вигляді графа, вершини якого відповідатимуть технологічним операціям на робочих місцях або технологічним переходам на робочих позиціях, а дуги – міжпозиційним переміщенням.

На схемі робочі позиції позначені квадратиками з номером, перша цифра якого відповідає номеру потоку заготовок (1, ..., *l*,..., q), а друга – порядковому номеру позиції в потоці. Зв'язки між ними показані стрілками, кожна з яких відповідає одній транспортній операції чи переходу.

Для реалізації операцій або переходів транспортно-технологічного процесу в структурі технологічного комплексу передбачаються технічні засоби, які утворюють **технологічну і транспортно-маніпуляційну підсистеми.**

На основі функціонального опису створюється технічний опис технологічної системи шляхом вибору технічних засобів реалізації транспортно-технологічного процесу. Для реалізації цих переходів в структурі технологічної системи передбачаються технічні засоби, як правило, модульного типу двох видів: *робочі модулі,* які реалізують технологічні операції або переходи, та *транспортні модулі,* які реалізують транспортні операції або переходи. Сукупність всіх робочих модулів утворює *технологічну підсистему*, а сукупність транспортних – *транспортну підсистему* (рис. 2.4).

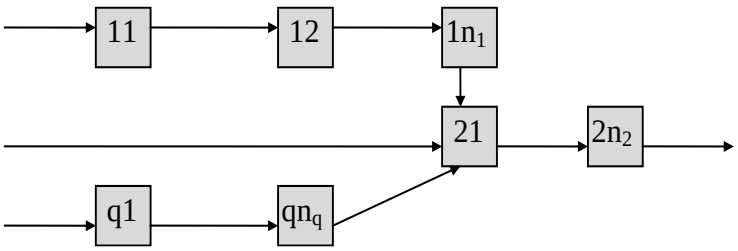


Рисунок 2.4 – Транспортно-технологічна схема виготовлення чи пакування виробу

Розташування модулів в просторі утворює компонувальну схему технологічної системи (лінійне або кругове розташування робочих модулів, кожне з яких може бути одно- або двоярусним, розташування зірочкою тощо).

За видом матеріального потоку розрізняються **неперервні, дискретні** та **дискретно-неперервні** технологічні системи.

Неперервні ТК – в яких сировина надходить, а продукт виробляється і виходить практично безперервно. Вплив на сировину здійснюється безперервно такими постійно діючими факторами як тепло, тиск, концентрація компонентів тощо. Це хімічні та переробні процеси, прокат листів, виробництво пластмасових труб та плівок тощо.

Дискретні ТК характерні тим, що об'єкт обробки подають на вхід і забирають з виходу окремими порціями, найчастіше поштучно. Вони представляють собою циклічну послідовність повторюваних операцій, що мають початок і кінець. В дискретних технологічних системах технологічний процес повторюється багаторазово, окремо для кожного виробу. Дискретні технологічні комплекси мають періодичну повторюваність рухів, що створює циклічність в їх роботі. Ця циклічність визначається тривалістю часу між двома повторюваннями однієї операції і називається *робочим циклом*. При роботі дискретних технологічних комплексів чергуються рухи робочих та допоміжно-транспортних механізмів чи вузлів.

За технологічним методом, покладеним в основу технологічного процесу, розрізнятимемо (рис. 2.5):

- обробні та переробні,
- пакувальні та складальні ТК,
- комплексні.

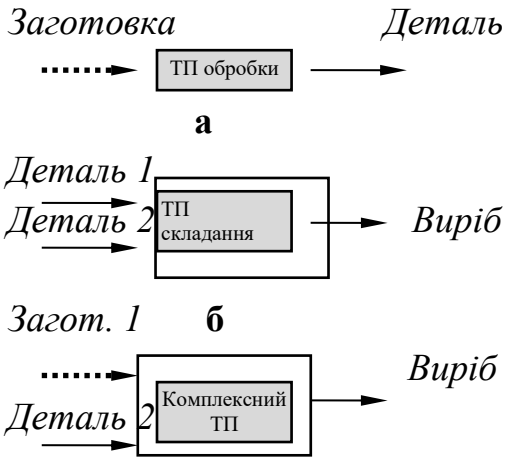


Рисунок 2.5 – Види ТК за видом технологічного методу

Особливістю **обробних та переробних** ТК є наявність наскрізного потоку заготовок, а особливістю **складальних та пакувальних** – наявність декількох вхідних потоків заготовок, найчастіше різного виду, та одного вихідного.

Комплексні ТК об'єднують як елементи обробної, так і елементи складальної систем. Вони реалізують технологічний процес, що включає різні за технологічним методом операції обробки та складання, виготовлення тари та пакування тощо.

2.3 Матеріальний потік в ТК

Матеріальний потік технологічної системи забезпечує безперервність технологічних перетворень потоку виробів, замикаючи технологічні зв'язки міжпозиційним переміщенням заготовок.

Пропускна здатність матеріального потоку виробів q_M , що проходить через робочу зону технологічної підсистеми, повинна бути дещо вищою від продуктивності найповільнішої технологічної машини лінії, тобто повинна виконуватися умова:

$$q_M > [q_{TM}]_{\min} \approx 1{,}1 \cdot [q_{TM}]_{\min}.$$

Пропускна здатність матеріального потоку виробів q_M описується трьома параметрами – швидкістю потоку V_M, його поздовжньою густиною ρ і площею поперечного перерізу S (рис. 2.6). Тоді пропускна здатність матеріального потоку визначиться за виразом:

$$q_M = V_M \cdot S \cdot \rho .$$

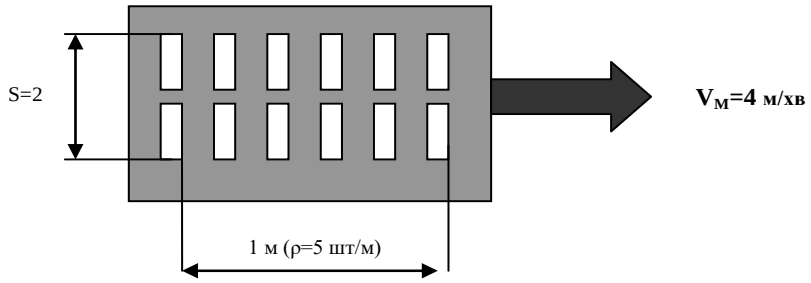


Рисунок 2.6 – Параметри потоку дискретних виробів

Для матеріального потоку дискретних виробів, наведеного як приклад, величина пропускної здатності визначиться наступним чином:

$$q_M = V_M \cdot S \cdot \rho = 4 \frac{м}{хв} \cdot 2 \cdot 5 \frac{шт}{м} = 40 \frac{шт}{хв}.$$

Особливе місце при створенні транспортної підсистеми технологічної лінії займає проблема спряження матеріального потоку з технологічними машинами. Для входу в машину матеріальний потік повинен бути детермінованим, тобто вироби повинні мати задане положення і задану густину в потоці. При фасуванні харчових рідин, наприклад, тара (пляшка) підводиться до розливної машини в однорядному потоці орієнтованому потоці. Тому розливна машина має один

механізм спряження – механізм забезпечення кроку між пляшками, що виконується в вигляді шнека або ділильної зірочки.

Суттєвою особливістю сучасних автоматизованих ліній пакувального виробництва є переформування вантажної одиниці матеріального потоку на різних етапах наближення виробів до технологічної машини (рис. 2.7).

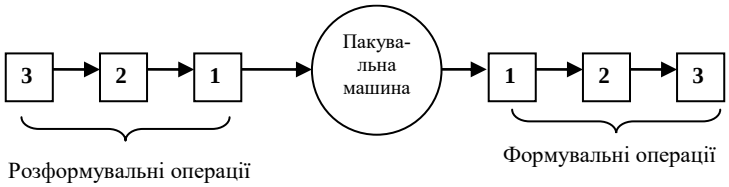


Рисунок 2.7 – Послідовність зміни вантажної одиниці в автоматизованій лінії: 1 – споживча тара, 2 – внутрішня транспортна тара (ящик), 3 – зовнішня транспортна тара

ТЕМА 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ

3.1 Класифікаційні характеристики

Розглянемо класифікацію автоматизованих ліній, характерну для різних видів виробництв, наприклад. машинобудівного, приладобудівного, пакувального тощо (рис. 3.1).

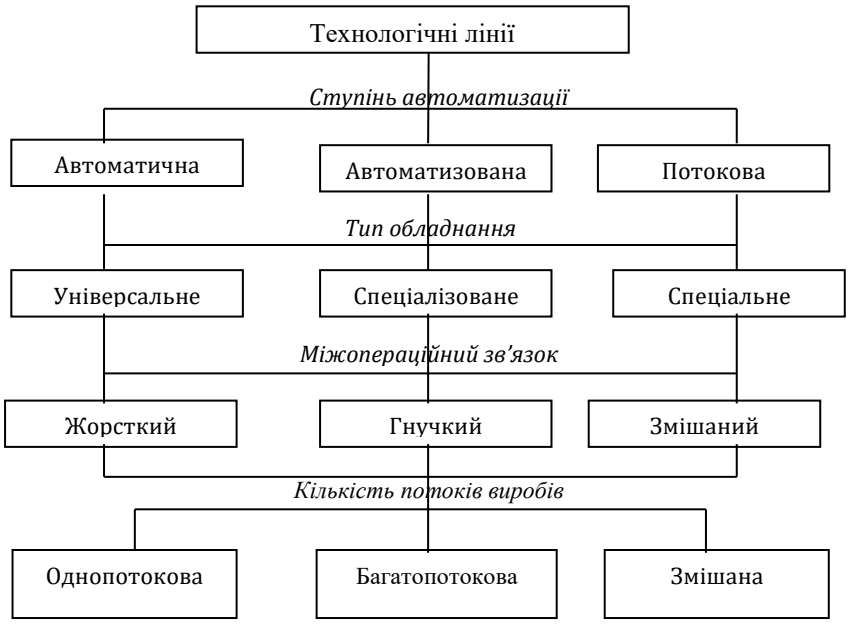


Рисунок 3.1 – Класифікація технологічних ліній

Стандартизовані терміни набрані напівжирним шрифтом.

Автоматична лінія; АЛ: Сукупність технологічного устаткування, встановленого в послідовності технологічного процесу, сполученого автоматичним транспортом, оснащеного автоматичними завантажувально-розвантажувальними пристроями і однією загальною або декількома взаємозв'язаними системами управління.

Напівавтоматична лінія; ЛН (Ндп. автоматизована лінія): Сукупність технологічного устаткування, встановленого в послідовності технологічного процесу, сполученого автоматичним транспортом, оснащеного автоматичними завантажувально-розвантажувальними пристроями і однією загальною або декількома взаємозв'язаними системами управління, що включає також технологічне і транспортне устаткування для виконання частини операцій з безпосередньою участю оператора в кожному циклі роботи лінії.

Незблокована автоматична лінія; незблокована АЛ: Автоматична лінія, в якій автоматичний транспорт і система управління забезпечують в певних межах незалежний цикл роботи кожної одиниці вбудованого технологічного устаткування.

Зблокована автоматична лінія; зблокована АЛ: Автоматична лінія, в якій автоматичний транспорт і система управління об'єднують роботу вбудованого технологічного устаткування загальним циклом.

Переналагоджувальна автоматична лінія; ПАЛ: Автоматична лінія, технологічне і транспортне устаткування якої за рахунок автоматичного або обмеженого за часом і трудомісткості ручного регулювання або заміни елементів технологічного оснащення, автоматичного транспорту і автоматичних завантажувально-розвантажувальних пристроїв дозволяє проводити обробку деталей одного або декількох найменувань в заздалегідь встановленому діапазоні їх розмірів.

Однопредметная автоматична лінія; однопредметная АЛ: Автоматична лінія, призначена для виробництва виробів одного типоразмера.

Багатопредметна автоматична лінія; багатопредметна АЛ: Автоматична лінія, призначена для виробництва виробів декількох типоразмеров або найменувань.

Ділянка автоматичної лінії; ділянка АЛ: Частина автоматичної лінії, технологічне і транспортне устаткування в якій об'єднані загальним технологічним призначенням або компонувальним рішенням.

Система автоматичних ліній; САЛ (Ндп. автоматичний потік): Сукупність автоматичних ліній, встановлених в послідовності технологічного процесу,

сполучених автоматичним транспортом і накопичувальними пристроями і оснащених взаємозв'язаними системами управління.

Система автоматичних ліній комплексної обробки; САЛКО (Ндп. комплексна система автоматичних ліній; комплексна автоматична лінія): Сукупність автоматичних ліній, встановлених в послідовності технологічного процесу, що включає отримання заготовок і готових виробів.

Система ліній; СЛ: Сукупність автоматичних і напівавтоматичних ліній, встановлених в послідовності технологічного процесу, сполучених транспортом і накопичувальними пристроями і оснащених взаємозв'язаними системами управління.

3.2 Технологічні лінії з різним рівнем автоматизації

За **рівнем автоматизації** розрізняють автоматичну, автоматизовану і технологічну (потокову) лінії.

3.2.1 Автоматична лінія

Це автоматично працююча система машин, що розташовані в технологічній послідовності і об”єднані загальними технічними засобами виконання допоміжних операцій (транспортування, контролю тощо) та керування.

Структура автоматичної лінії складається із трьох основних підсистем, а саме підсистеми основного обладнання (окремі автомати, вбудовані в лінію), підсистеми міжпозиційного транспорту (конвейєри, штабелери, розділювачі і об’єднувачі потоків, накопичувачі, переорієнтатори тощо) і системи керування лінією (рис. 3.2).

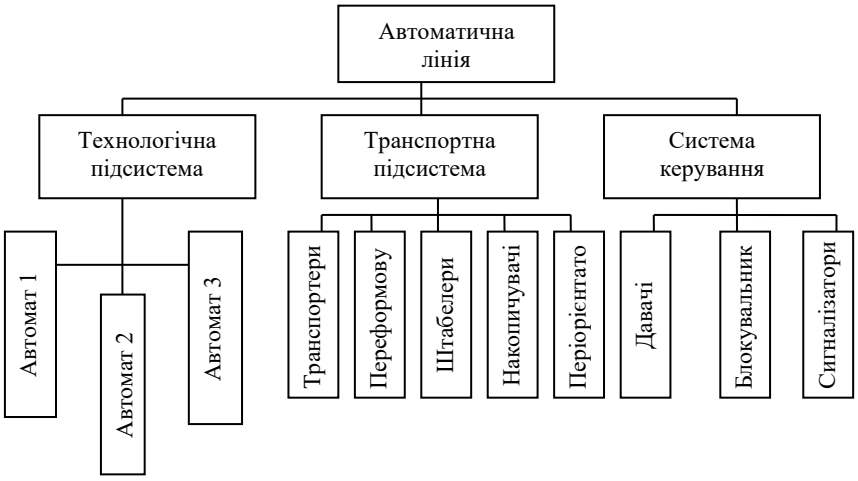


Рисунок 3.2 – Структура автоматичної лінії

Технологічна підсистема складається з автоматів, напівавтоматів і технологічних машин із ручним керуванням, розташованих відповідно до

послідовності технологічного процесу. Автомати та напівавтомати, що входять до складу технологічної під системи, виконують технологічні операції, наприклад фасування продукту, закупорювання, етикетування тари тощо. Кожен з цих автоматів може бути одно – чи багатопозиційним, послідовної, паралельної чи змішаної дії, роторної чи лінійної компоновки тощо.

Транспортна підсистема забезпечує автоматичне переміщення виробів з однієї машини на іншу. При цьому змінюються при потребі параметри потоків виробів: переорієнтація, розділення чи об'єднання потоків, відділення від потоку поодиничних виробів чи їх групи тощо. Транспортна підсистема може мати в своєму складі накопичувачі для створення міжопераційних запасів виробів.

Система керування автоматичної лінії забезпечує узгодження роботи окремих автоматів і транспортних засобів, їх блокування при потребі, поточне діагностування стану всіх технічних засобів лінії, наявність чи відсутність виробів при завантаженні і розвантаженні.

Автоматична лінія для фасування рідких напоїв в скляні пляшки, наприклад, включає технологічну підсистему (автомат для сполоскування пляшок, розливний, закорковувальний, інспекційний та етикетувальний автомати, автомат для нанесення акцизних марок), транспортну підсистему (автомат для розформування транспортних пакетів, формувач потоку пляшок, транспортер пластинчатий для подачі пляшок, транспортери роликові для подачі ящиків і для відведення заповнених ящиків, пляшковкладальна машина) і система керування комплексом.

Відзначимо, що при об'єднані автоматів в лінію, витрати зростають на 20-45% від вартості основного обладнання.

3.2.2 Автоматизована лінія

Це сукупність технологічних машин, машин – напівавтоматів, автоматів, що розташовані в технологічній послідовності і об"єднані загальними технічними засобами транспортування між ними матеріальних потоків, в якій здійснюється необхідний комплекс технологічних дій на виріб для досягнення заданого технологічного результату. В лінії здійснюється необхідний обсяг технологічних дій на виріб для досягнення заданого технологічного результату.

Прикладом автоматизованої технологічної лінії є лінія фасування напоїв, в якій пов"язані в єдину автоматизовану потокову лінію пляшкомийний напівавтомат, фасувальний автомат, закупорювальний автомат, бракеражний напівавтомат, етикетувальний і маркувальний автомати та установка для групової упаковки пляшок на піддони.

3.2.3 Потокова технологічна лінія

Це комплекс технологічного обладнання і робочих місць з виконанням технологічних операцій із безпосередньою участю людини, на якій в певній

технологічній послідовності із заданим ритмом виконується весь процес виготовлення чи пакування виробу. Такі лінії із частково механізованими робочими місцями застосовуються при пакуванні чайних пакетиків, вкладання цукерок в коробки тощо.

Технологічні комплекси для реалізації складних багатоопераційних процесів пакувального виробництва представляють собою систему машин, об'єднаних між собою за допомогою допоміжних механізмів для транспортування продуктів та пакувальних засобів. При створенні автоматизованих ліній пакування центр ваги робіт по автоматизації зміщується від автоматизації окремих технологічних операцій (обробки, фасування, закупорювання, контролю тощо) до автоматизації міжопераційних транспортних процесів таких як переміщення, з'єднання і роз'єднання, переорієнтація потоків виробів, їх міжопераційне накопичення, вкладання в транспортну тару і виймання з неї тощо.

Технологічною основою побудови систем машин є **потоковий метод організації** виробництва, який характеризується такими основними ознаками:

- розподіл технологічного процесу на закінчені операції, що виконуються на окремих робочих місцях;
- розташування робочих місць і технологічних машин за ходом технологічного процесу;
- закріпленням за кожним робочим місцем певних технологічних операцій;
- послідовне передавання виробів (продуктів, упаковок) з одного робочого місця на інше.

3.3 Технологічні лінії з різним типом обладнання

За типом основного обладнання, що входить в технологічну підсистему, технологічні лінії розділяються на лінії із універсальних, агрегатних спеціалізованих і спеціальних машин.

3.3.1 Технологічні лінії із універсальних серійних машин

Вони формуються на базі типового обладнання, що випускається серійно для типових операцій, що входять до складу технологічних процесів пакування поштучних, сипких, в'язких і рідких продуктів.

Для технологічних процесів пакування рідких продуктів характерними є операції розливу продукту, його закупорювання, етикетування, маркування тощо. Кожна з цих операцій може бути реалізована на десятках моделей машин, що серійно випускається в провідних індустріальних державах. Тому лінія заданої продуктивності може бути сформована з типових машин, кожна з яких випускається серійно в багатьох конструктивних варіантах.

Особливостями технологічних ліній такого типу є швидке впровадження, що не перевищує 0,5 року; висока вартість транспортної підсистеми, що досягає 25-45 % від вартості обладнання; деяка функціональна надлишковість, що забезпечує універсальність і можливість швидкого переналагодження.

Недоліком таких ліній є висока вартість і відносно низька продуктивність.

3.3.2 Технологічні лінії на базі агрегатних і модульних засобів

Такі лінії застосовують при серійному і масовому виробництві. Перехід на випуск іншої продукції може вимагати перемонтажу самої лінії (заміна деяких машин, зміна їх кількості, заміна деяких функціональних вузлів).

Агрегатні технологічні лінії складаються із універсальних транспортних вузлів (лінійні або кругові столи-транспортери), поздовж яких розміщуються елементи технологічної підсистеми (фасувальні машини, дозатори, пристрої маркування, закупорювальні і етикетувальні вузли тощо). Агрегатні технологічні лінії відносяться до спеціалізованих, вони можуть переналагоджуватись на інший вид однотипної продукції (рис. 3.3).

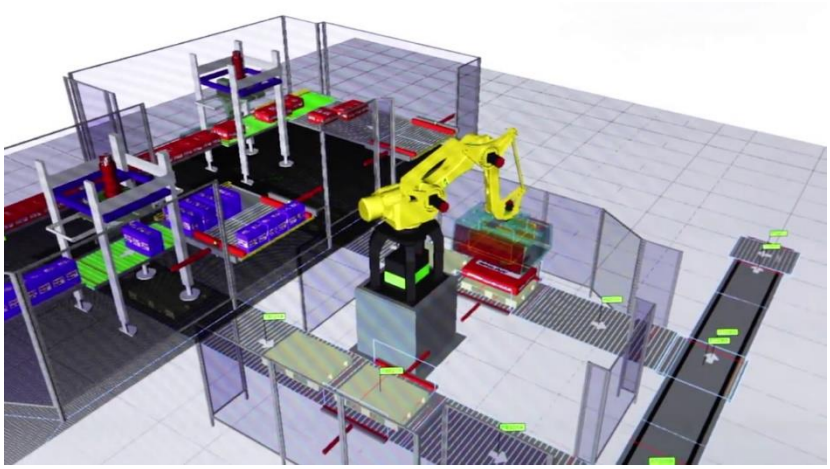


Рисунок 3.3 – Агрегатна роботизована лінія

Створення агрегатних спеціалізованих ліній є найбільш економічним шляхом автоматизації.

Термін окупності таких ліній складає біля 1 року. Такі лінії є комплексними, вони часто включають заготівельні операції (наприклад, формування пакета із плівки), основні операції і операції вихідні (герметизації, обробки продукту, маркування, контролю тощо). Окрім того, агрегатні лінії є досить універсальними, бо можуть переналагоджуватись на інший вид однотипної продукції.

До недоліків таких ліній слід віднести їх низьку надійність, бо одночасно працює багато робочих модулів. Тому середній час напрацювання на відмову є низьким і складає біля 30 хв.

3.3.3 Технологічні лінії із спеціальних технологічних машин

Вони застосовуються для масового виробництва у випадках, коли виріб не може бути виготовлений чи запакований на машинах, що випускаються серійно, або продуктивність серійних машин є недостатньою.

Прикладом таких машин є:

– автоматична лінія для виготовлення полімерних стаканчиків і пакування в них в'язких продуктів, яка має 10 паралельних потоків стаканчиків і забезпечує продуктивність 10 000 стак/год;

– автоматична лінія для пакування сипучих продуктів (кава, цукор тощо) масою від 500г. до 1000г. із продуктивністю 150 $\frac{пакетів}{хв}$.;

– автоматична лінія для виготовлення карамелі, яка включає спеціальні загортувальні автомати, яка забезпечує нарізання з карамельної маси до 1800 $\frac{цукерок}{хв}$, їх загортування і запаковування.

До спеціальних технологічних ліній відносяться і лінії на основі роторних машин, які забезпечують високу продуктивність. В роторних лініях, як ми вже розглянули, виріб обробляється чи пакується при безперервному транспортному переміщенні (рис. 3.4).

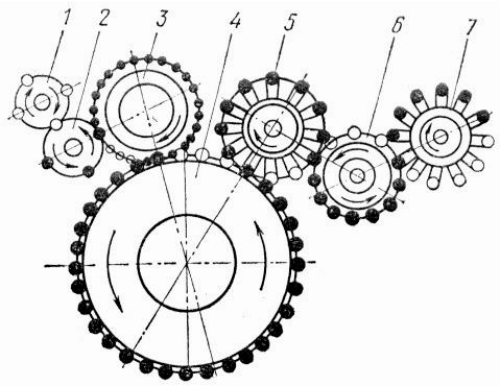


Рисунок 3.4 – Роторна автоматична лінія:
1 – завантажувальний ротор, 2,5,7 – транспортні ротори, 3,4,6 – технологічні ротори

Автоматична роторна лінія складається із роторних машин, встановлених в технологічній послідовності, які об'єднані комплекс транспортною системою. На вході і виході лінії встановлюються пристрої для автоматичного завантаження виробів.

Об'єктами виготовлення на автоматичних роторних лініях можуть бути: допоміжні пакувальні засоби, наприклад кроненкорки із полімерною прокладкою; сипкі, в'язкі і рідкі матеріали, що поступають на фасування; етикетки, що

приклеюються до тари; складні корки, що складаються в роторній лінії із декількох елементів.

Передавання виробів із одного робочого ротора на інший здійснюється транспортним ротором. Зміна числа позицій в кожному роторі дозволяє підтримувати однакову продуктивність на всіх машинах, навіть при різній тривалості технологічних операцій. Це дає можливість включати в роторну лінію різні види обробки виробу та операції пакування.

3.4 Одно потокові і багатопотокові технологічні лінії

За характером матеріального потоку розрізняють однопотокові і багатопотокові лінії. Однопотокові лінії можуть мати розміщення технологічних машин по лінії або по складній траєкторії (Г-подібну , П-подібну, S –подібну тощо). Багатопотокові лінії мають багаторядну лінійну структуру або структуру з розгалуженнями (рис. 3.5).

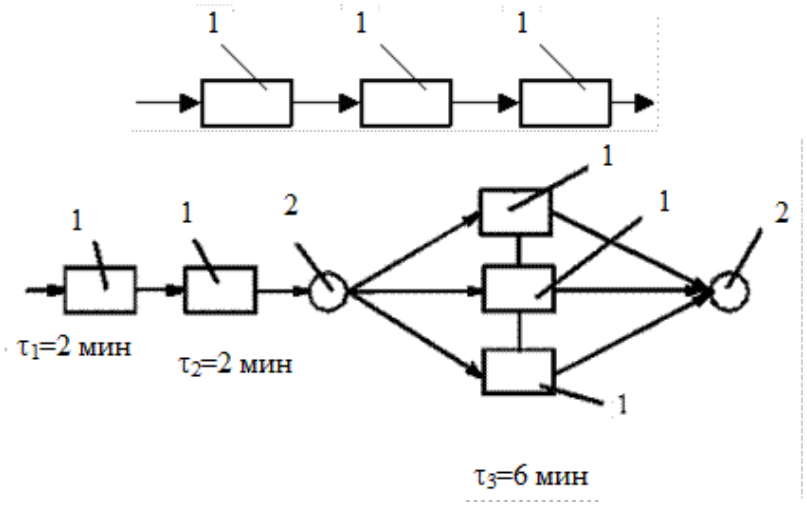


Рисунок 3.5 – Однопотокова *(а)* і багатопотокові *(б)* технологічні лінії

Однопотокові технологічні лінії. В однопотокових технологічних лініях для кожної операції використовується одна одиниця обладнання (рис. 3.6). Така лінія має мінімальну кількість машин і єдиний матеріальний потік виробів.

Однопотокові системи машин створювались на ранніх стадіях автоматизації, коли вироби між машинами транспортуються поштучно, без втрати орієнтації, із постійною частотою. Такі лінії мають обмежену продуктивність.

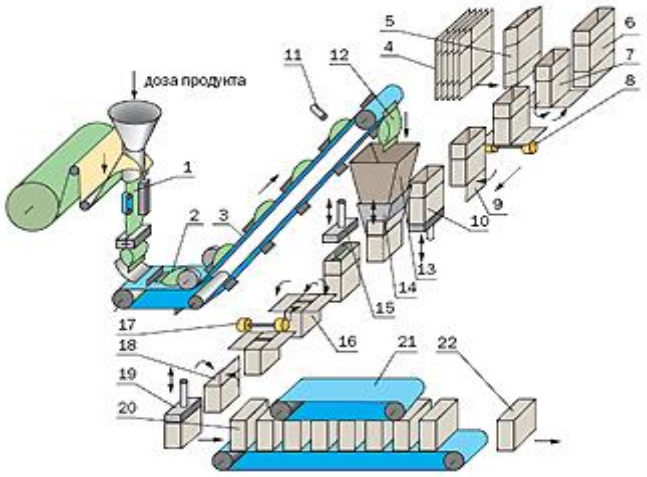


Рисунок 3.6 – Однопотокова лінія

В багатопотокових технологічних лініях використовуються паралельно-працюючі машини на всіх позиціях лінії так, щоб потоки виробів галузились. Такі лінії часто створюються при наявності технологічних машин, що забезпечують групову обробку виробів. Це характерно для ліній із пастеризаторами, термотунелями та іншим обладнанням для апаратної обробки. Часто створюють багато потокові лінії, в яких створюють ряд незалежних потоків оброблюваних виробів однакової або різної номенклатури.

Змішані технологічні лінії також представляють собою багатопотокові лінії, для яких характерним є різна кількість потоків виробів на різних позиціях. В таких лініях здійснюється розгалуження і об’єднання транспортних потоків виробів (рис. 3.7).

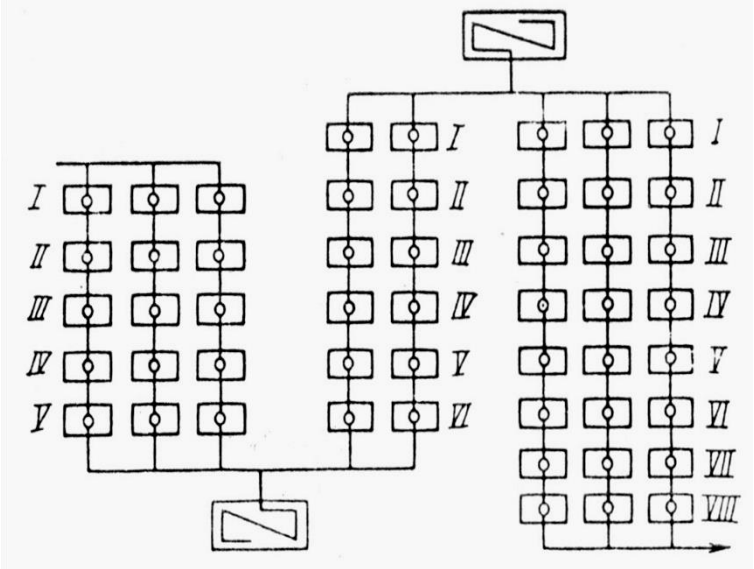


Рисунок 3.7 – Змішана лінія

ТЕМА 4 РОТОРНІ АВТОМАТИ

4.1 Принцип побудови

Роторні автомати паралельної дії дають можливість виконувати завантаження і розвантаження виробів в одній зоні, що дає можливість їх встановлення в автоматичні лінії.

Роторні машини застосовуються в масовому при обробці дрібних деталей, які мають просту форму, короткий цикл обробки і простий робочий рух. На роторних автоматах обробляють ковпачки, корки, дрібні полімерні деталі, патрони для зброї тощо. В пакувальному виробництві роторні автомати використовують для розливу рідких напоїв, закупорювання пляшок, нанесення етикеток на вироби, виготовлення допоміжних пакувальних засобів (корків, ковпачків тощо). Характерною рисою роторних автоматів є обробка виробу при його транспортування від позиції завантаження до позиції розвантаження по круговій траєкторії роторної машини.

Розглянемо роторний автомат для штампування ковпачків (рис. 4.1). По колу робочого ротора розташовано *p* одинакових інструментальних блоків (пуансон і матриця для штампування ковпачків), які отримують неперервний транспортний рух обертання навколо осі ротора. Система нерухомих торцевих копірів, розташованих зверху і знизу, рухомі елементи інструментальних блоків (пуансони, виштовхувачі) отримують при обертанні ротора робочі рухи штампування і виштовхування ковпачка.

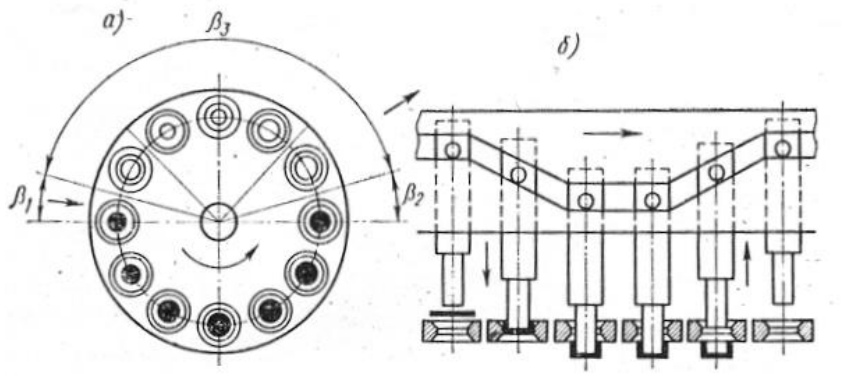


Рисунок 4.1 - Роторний автомат для виготовлення ковпачків:
а – робоча і допоміжна зони; б – розгортка робочої зони ротора

При постійному обертанні ротора можна виділити його чотири зони:

- робоча або технологічна зона, α;
- зона швидкого підводу інструмента, β1;

- зона відведення інструмента, β2 ;
- зона з розкритим інструментальним блоком, β3 .

В зоні β1 здійснюється швидкий підвід інструменту до заготовки, в зоні β2 здійснюється швидкий відвід інструменту, а в зоні β3 інструментальний блок знаходиться в розкритому вигляді, що дозволяє видалити готовий виріб і завантаження в інструментальний блок заготовку за допомогою допоміжного ротора, живильника або вручну.

В багатопозиційному автоматі паралельної дії за один робочий цикл видається p виробів, тому

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\text{р}}{\text{Т}} = \frac{p}{t_{\text{р}} + t_{\text{доп}}} = \frac{p}{t_{\text{р}}}.$$

Оскільки обробка на роторнихмашинах здійснюється паралельно із міжпозиційним транспортуванням, тобто $t_{\text{доп}} = 0$, то тривалість робочого циклу складає $T = t_p$.

4.2 Розрахунок кількості позицій роторного автомата

Розглянемо послідовність розрахунку кількості позицій роторного автомата для виготовлення ковпачків із заданою продуктивністю $Q = 260 \frac{\text{шт}}{\text{хв}}$. Тривалість штампування одного ковпачка складає 1,3 сек.

1. Визначаємо задану тривалість робочого циклу автомата

$$T = \frac{1}{Q} = \frac{60}{260} = 0{,}23 \text{ с.}$$

2. Визначаємо кількість робочих позицій автомата в його робочій зоні α :

$$P(\alpha) = \frac{\text{Т}_\text{Т}}{\text{Т}_\text{Р}} = \frac{1{,}3 \text{ с}}{0{,}23 \text{ с}} = 6 \text{ позицій.}$$

3. Загальна кількість позицій робочого ротора p визначиться із того положення, що в роторних автоматах, які виконують складні операції, використовується співвідношення:

$$\alpha = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = \pi.$$

Тоді загальна кількість позицій автомата:

$$P = 2p(\alpha) = 12 \text{ позицій.}$$

4. Визначаємо швидкість обертання ротора nоб

$$Q_{\text{ц}} = n_{\text{об}} \cdot \text{р};$$
$$n_{\text{об}} = \frac{Q}{p} = \frac{260}{12} \cong 22\,\frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

5. Знаходимо радіус ділильного кола ротора, який залежить від кількості позицій *p* і кроку між ними *h* (вибирається конструктивно, нехай *h=200мм) :*

$$R = \frac{p \cdot h}{2 \cdot П} = \frac{12 \cdot 200}{2 \cdot П} \cong 380\text{мм}.$$

4.3 Приклад розрахунку кількості позицій роторного фасувального автомату

Завдання. Розрахувати кількість позицій роторного автомата для фасування напоїв із продуктивністю $Q_{\text{ц}} = 6000\,\frac{\text{пл}}{\text{год}}$, а також визначити необхідну швидкість обертання ротора $n_{\text{об}}$. Роторні автомати набули широкого поширення в пакувальному виробництві, особливо при фасуванні рідких і в'язких продуктів. Типовий роторний автомат має три ротори: один робочий ротор та два допоміжних (завантажувальний Д1 і розвантажувальний Д2). Робочий ротор має *P* позицій, на кожній з яких розташований дозувальний пристрій.

Працює автомат наступним чином. Транспортер подає пляшку до зірочки-відсікача, яка подає їх по одній до завантажувального ротора Д1. Він направляє пляшку на підйомний столик дозатора.

При транспортному переміщенні пляшки разом із дозувальним пристроєм виконується переміщення клапана дозатора в послідовності, що задана профілем копіра. При обертанні робочого ротора столик, виходячи із-під копіра, піднімається пружиною вверх. Горловина пляшки натискає на сідло клапана дозатора, який відкриває доступ рідини для заповнення пляшки. Закінчуючи один оберт ротора, підйомний столик разом із наповненою пляшкою по копіру опускається в вихідне положення, клапан закривається. Розвантажувальний ротор Д2 знімає пляшку і подає її на відвідний транспортер (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Роторний фасувальний автомат

1. Визначимо тривалість технологічного циклу T_Tавтомата. Для цього проведемо нормування технологічних переходів фасування (таб.1).

Таблиця 4.1 – Переходи операції фасування напоїв

№ переходу	Зміст технологічного переходу	Тривалість, сек.
1	Заповнення мірки	2,9
2	Заспокоєння рідини в мірці	0,6
3	Зливання рідини в пляшку	5,4
4	Зливання капель в пляшку	0,7
Всього, $\sum_{i=1}^{4} t_{pi}$		9,6

2. Визначимо кількість позицій робочого ротора p. Для цього врахуємо, що допоміжні переходи завантаження, контролю і розвантаження пляшки перекриваються по часі технологічними робочими переходами. Тоді тривалість робочого циклу:

$$T = \sum_{i=1}^{4} t_{pi} = 9{,}6 \text{ с.}$$

$$T_р = 3600/6000 = 0{,}6 \text{ с.}$$

Тоді

n=9,6/0,6=16 позицій+2 допоміжних (розв-завантаж).

$$Р = Q_ц \cdot Т = 1{,}83 \frac{пл}{с} \cdot 9{,}6с = 18 \text{ позицій,}$$

де $Q_ц$ – циклова продуктивність автомату, $Q_ц$=6000$\frac{пл}{год}$= 100$\frac{пл}{хв}$ = 1,66$\frac{пл}{с}$.

3. Визначимо швидкість обертання ротора $n_{об}$. Продуктивність автомата складає

$$Q_{\text{ц}} = \text{р} \cdot n_{\text{об}},$$

$$n_{\text{об}} = \frac{Q_{\text{ц}}}{\text{р}} = \frac{100\,\frac{\text{пл}}{\text{хв}}}{18} = 5{,}5\,\frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

4. Побудуємо циклограму роботи фасувального автомата. Кут виконання *i*-го переходу визначатимемо із співвідношення

$$\frac{360}{\alpha_{\text{і}}} = \frac{\text{Т}}{t_{pi}};\ \alpha_{\text{і}} = \frac{t_{pi} \cdot 360}{\text{Т}}.$$

Тоді за даними таблиці 1 отримаємо:

$$\alpha 1 = \frac{2{,}9 \cdot 360^\circ}{9{,}6} = 109^\circ; \quad \alpha 2 = \frac{0{,}6 \cdot 360^\circ}{9{,}6} = 21^\circ;$$

$$\alpha 3 = \frac{5{,}4 \cdot 360^\circ}{9{,}6} = 202^\circ; \quad \alpha 4 = \frac{0{,}7 \cdot 360^\circ}{9{,}6} = 28^\circ.$$

Циклограма (рис. 4.3) відображає положення мірки (зовнішнє кільце) і пляшки (внутрішнє кільце) в залежності від кута повороту робочого ротора. Розраховані значення α1, α2 описують положення мірки, що дозволяє побудувати зовнішнє кільце циклограми.

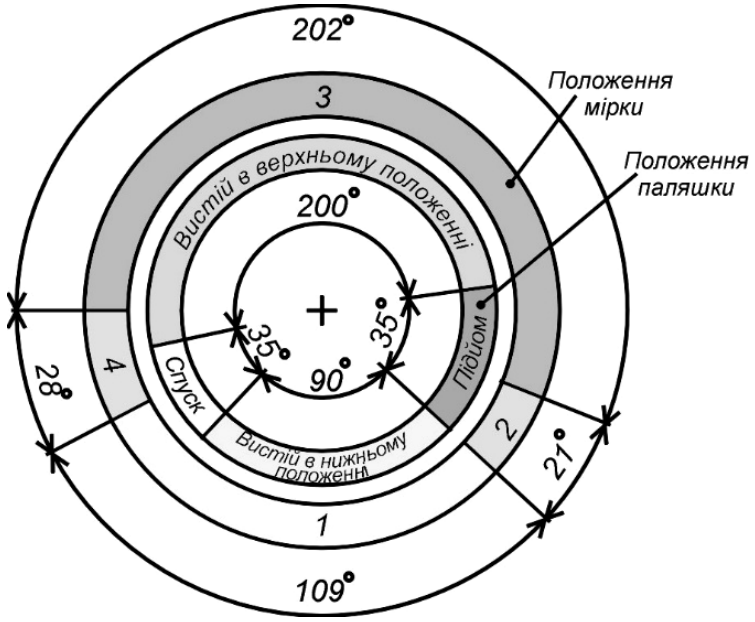


Рисунок 4.3 – Циклограма роботи фасувального автомата

При побудові внутрішнього кільця врахуємо наступні особливості. Тривалість вистою пляшки в верхньому положенні повинна бути довшою від тривалості зливання рідини із мірки. Тривалість висотою пляшки в нижньому положенні відповідає тривалості заповнення мірки. Кути підйому і спуску пляшки одинакові і вибираються конструктивно.

Циклограма є основою для профілювання копіра, що керує положенням підіймального столика (рис. 4.4).

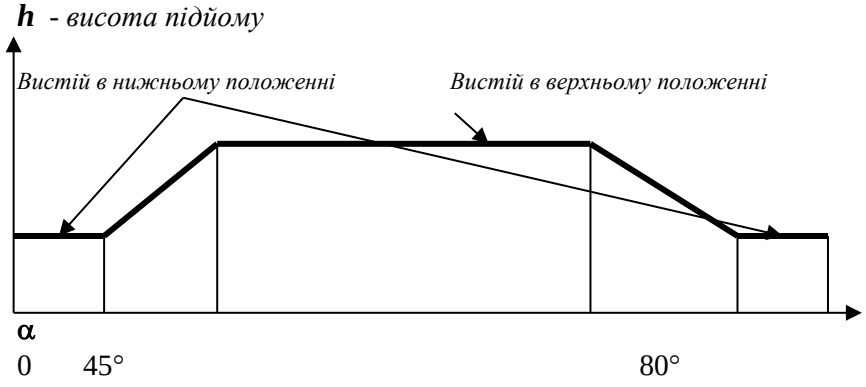


Рисунок 4.4 – Циклограма для профілювання копіра

ТЕМА 5 ФУНКЦІОНАЛЬНА ТОЧНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

5.1 Поняття

Придатність технологічного комплексу до забезпечення вихідних показників в заданих межах визначимо як його **функціональну точність.** До таких вихідних показників відносять показники якості виробу або інші експлуатаційні показники технологічного комплексу.

Оцінка функціональної точності по якості виробу технологічного комплексу здійснюється при виконанні таких робіт:

- розробка технологічного процесу автоматизованого виготовлення чи пакування виробу;
- розробка системи керування технологічним процесом;
- визначення періодичності підналагоджень технологічних машин;
- вдосконалення технологічного комплексу для підвищення його функціональної точності.

Кількісна оцінка функціональної точності включає етапи:

- вибір номенклатури показників якості виробу;

- визначення фактичних значень цих показників;
- порівняння фактичних значень з базовими.

Очевидно поняття функціональної точності може бути застосованим для будь-якої частини технологічного комплексу (автоматичної лінії, машини, окремого вузла), для якої можна визначити показник якості результату її функціонування.

5.2 Показники функціональної точності

Функціонування технологічної машини проходить в умовах дії багатьох випадкових збурень, які викликають певну неточність в реалізації робочих і допоміжних рухів. Як результат виникає розсіяння значень показників якості виробу, які при цих рухах створювались або інших вихідних експлуатаційних показників.

Часто якість виробу можна охарактеризувати одним визначальним показником, наприклад найточнішим розміром деталі, масою продукту, отриманого при дозуванні, шаром покриття при фарбуванні тощо. Цей показник може використовуватися для характеристики функціональної точності відповідного технічного засобу.

Нехай якість виробу, що виготовляється технологічною машиною, або інший вихідний експлуатаційний показник технологічної машини визначаються показником *y*. Прикладом такого показника може бути найбільш точний розмір при механічній обробці (діаметр валику при шліфуванні, маса продукту, що дозується тощо).

При тривалому функціонуванні машина випустить N виробів. Якщо виміряти в них значення показника *y*, то виявиться, що його значення мають деяке розсіяння (рис. 5.1).

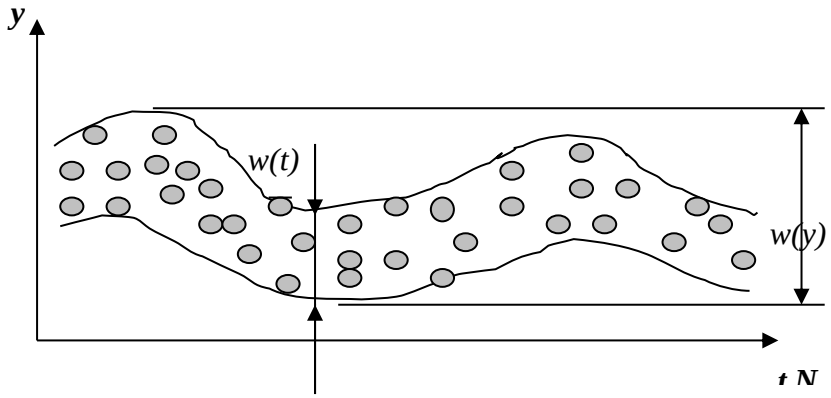


Рисунок 5.1 – Діаграма коливання показника якості виробу при тривалому функціонуванні технологічного комплексу

На діаграмі можна виділити два типи розсіяння – локальне та загальне:

- *локальне розсіяння*, поле якого *w(t)*. Це розсіяння характеризує власну функціональну точність технологічного комплексу або його складових технічних засобів, що визначається конструкцією та внутрішніми збуреннями;
- *загальне розсіяння*, поле якого *w(y)*. Це розсіяння виникає під дією додаткових збурень, які вносяться іншими елементами технологічної системи: коливанням характеристик заготовок, похибками дії оператора при налагодженні та регулюванні, організаційними похибками тощо .

Функціональна точність по якості виробу оціниться шляхом співставлення параметрів розсіяння із допуском на показник якості реалізації. (рис. 5.2) .

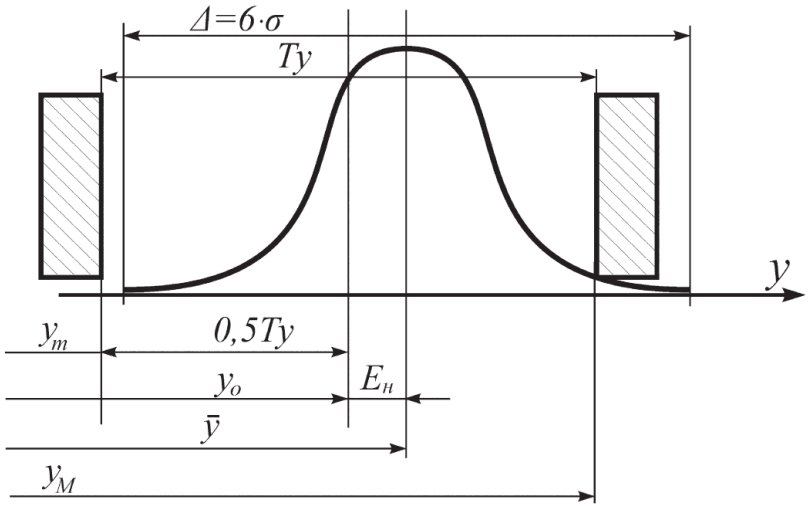


Рисунок 5.2 – Коефіцієнт функціональної точності та коефіцієнт зміщення налагодження технологічного комплексу

Для аналізу функціональної точності по якості виробу технологічного комплексу використовуються наступні показники:

1) коефіцієнт точності $К_т$;

2) коефіцієнт зміщення (настройки) $К_н$.

Коефіцієнт точності визначається як відношення поля розсіяння показника ω(*y)* до величини поля допуску на нього *Ty* за виразом:

К*оефіцієнт зміщення при налагодженні*

$$K_H = \frac{E_H}{Ty} = \frac{|\bar{y} - y_0|}{Ty},$$

де *Ен* – похибка налагодження, що представляє собою відхилення центру розсіяння *y* відносно середини поля допуску y_0, тобто як це показано на рисунку 5.2.

Для забезпечення функціональної точності повинні виконуватись умови:

- коефіцієнт точності $K_T < 1;$
- коефіцієнт зміщення налагодження повинен бути менше свого допустимого значення, тобто

$$E_H < [E] = \frac{Ty - w}{2 \cdot Ty}$$

Однак, для визначення цих показників, необхідно знати закон, який описує розподіл значень показника якості. Для цього можуть використовуватися експериментальні методи, коли за результатами експериментальних досліджень визначається відповідність дослідних даних певному типу закону розподілу.

5.3 Дослідно-статистичний метод оцінки функціональної точності технологічного комплексу за якістю виробу

Метод ґрунтується на використанні даних вимірювання показників якості виробу, отриманих в результаті спеціального вибіркового дослідження.

В автоматизованому пакувальному виробництві застосовують оцінку функціональної точності фасувальних автоматів за значенням маси дозованого продукту. В цьому випадку здійснюють дослідження похибки дозування.

Приклад. Вплив збурюючих факторів призводить до відхилення реального значення дози *y* від номінального або заданого значення дози *[y]*.

Вихідні дані. Нехай фасувальний автомат, який налагоджений на отримання дози чаю в пакетику 3,25±0,075 *г*, фасує безперервним потоком пакетики, маса яких зважується з точністю 0,001 *г*. Для дослідження відібрано 100 пакетиків, маса яких коливаються, як показали результати зважування, від мінімального значення y_m = 3,175 *г* до максимального y_M = 3,325 *г*.

На ***першому етапі*** статистичного аналізу точності здійснимо перевірку за допомогою статистичного критерію χ^2 Пірсона, наприклад, при рівні значимості $\alpha \leq 0{,}05$ гіпотези про нормальність розподілу статистичних даних.

Оскільки випадкова величина – маса дози *y* – має розсіяння від максимального значення y_M до мінімального y_m, тобто поле розсіяння визначиться як

$$\omega = y_M - y_m,$$

то розіб'ємо це поле розсіяння, на якому нанесено *N* експериментальних точок – отриманих доз, на *k* інтервалів Δ1, Δ2, Δ3, ..., Δ *k* і підрахуємо кількість доз *n1, n2, n3, ..., n_k*, що попадуть в кожен з них.

На другому етапі визначимо показники закону розподілу випадкової величини. Розіб'ємо розмах поля розсіяння на *k* інтервалів так, щоб в кожному було не менше 5-ти значень виміряних розмірів. Виберемо *k=7*. Тоді довжина інтервалу Δ_i визначиться як

$$\Delta_i = \frac{\omega}{k} = \frac{0{,}130}{7} = 0{,}0185 \approx 0{,}02 \ г.$$

Результати зважування 100 пакетиків, рознесені по 7-ми інтервалах, представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Поле розсіяння

Номер інтервалу Δ_i	Межі інтервалу	Емпірична частота n_i
1	3,170–3,190	7
2	3,190–3,210	8
3	3,210–3,230	16
4	3,230–3,250	30
5	3,250–3,270	24
6	3,270–3,290	10
7	3,290–3,310	5

Визначимо за статистичними даними параметри нормального закону розподілу (рис. 5.3). Використовуючи дані, згруповані по інтервалах в таблиці 5.1, матимемо:

$$M(y) = \bar{y} = \sum_{i=1}^{7} \bar{y}_i \cdot \frac{n_i}{N} \approx 3{,}240 \ г;$$

$$\sigma = \sqrt{(\bar{y}_i - \bar{y})^2 \cdot \frac{n_i}{N}} \approx 0{,}03 \ г,$$

де $\bar{y}$ - загальне середнє значення всієї вибірки;

$\bar{y}_i$ – середнє значення в і – тому інтервалі.

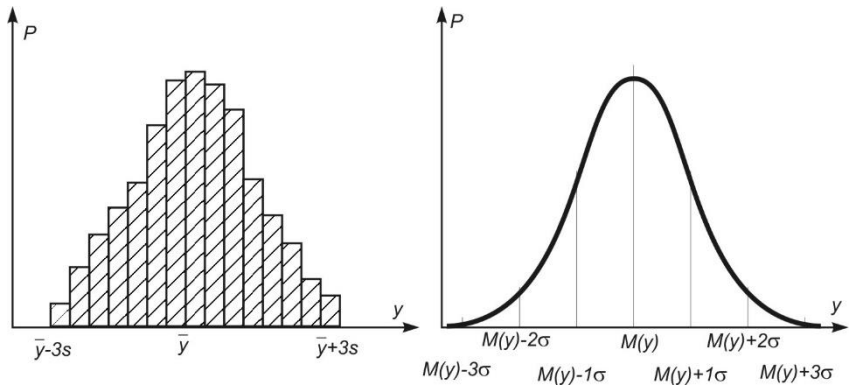


Рисунок 5.3 – Гістограма частот розподілу маси упаковок (а) і теоретична функція їх нормального розсіювання (б)

На третьому етапі статистичного аналізу точності визначається коефіцієнт точності технологічного комплексу, коефіцієнт зміщення його налагодження та комплексний показник точності. Прийнявши закон розподілу значень доз маси продукту нормальним (за результатом перевірки за критерієм Пірсона), поле розсіяння визначиться як $\omega=6\cdot\sigma$. В цьому випадку коефіцієнт точності технологічного комплексу визначиться як

$$K_T = \frac{6\sigma}{Ty} = \frac{6\cdot 0{,}03}{0{,}15} = 1{,}2.$$

Коефіцієнт зміщення налагодження

$$K_H = \frac{|\bar{y} - y_0|}{Ty} = \frac{|23{,}24 - 23{,}25|}{0{,}15} = 0{,}066.$$

На четвертому етапі статистичного аналізу функціональної точності визначають процент бракованих упаковок. Для цього використовується основна властивість кривої нормального розподілу: площа, обмежена кривою і віссю абсцис відповідає ймовірності, що дорівнює одиниці. Якщо крива виходить за межі поля допуску, то відповідні частини площі кривої визначать ймовірність отримання бракованих упаковок із дозами маси продукту, що вийшли за ці межі.

Враховуючи, що половина площі, обмеженої кривою нормального розподілу, відповідає ймовірності 0,5, то більш зручно окремо визначати кількість доз маси продукту, менших від гранично допустимих, та кількість доз маси продукту, більшими гранично допустимого. Тоді кількість бракованих упаковок в відсотках до загальної кількості визначиться як

$$\gamma = \left\{\left[0{,}5 - \frac{1}{2}\Phi(t_2)\right] - \left[0{,}5 - \frac{1}{2}\Phi(t_1)\right]\right\} \cdot 100\% =$$

$$= \left\{\left[0{,}5 - \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{Y_M - \bar{y}}{\sigma}\right)\right] - \left[0{,}5 - \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{Y_m - \bar{y}}{\sigma}\right)\right]\right\} \cdot 100\% =$$

$$= \left\{\left[0{,}5 - \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{3{,}325 - 3{,}24}{0{,}03}\right)\right] - \left[0{,}5 - \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{3{,}175 - 3{,}24}{0{,}03}\right)\right]\right\} \cdot 100\% = 1{,}78\%.$$

Результат статистичного аналізу функціональної точності фасувального автомату дозволяє зробити такі висновки.

1. Середній показник маси упаковки залежить від рівня регулювання дозатора. При регулюванні необхідно систематично наближувати середнє значення маси продукту до номінального. В іншому випадку, тобто якщо середній показник буде вище від номінального виникне передозування і перевитрата продукту. Якщо ж середнє значення виявиться нижчим від номінального значення, то появиться зменшення маси упаковок і поява бракованих.
2. Розсіяння визначає фактично точність дозатора і залежить від роботи дозувального пристрою і властивостей продукту, що фасується. Тобто, причина широкого розсіяння значень маси упаковок може критися в дозаторі, а також витікати зі змін, що відбуваються в продукті.
3. Забезпечення високої точності дозування вимагає витрат, тому її доцільно підвищувати до рівня, що обґрунтовується економічними чинниками.

При низькій точності дозатора (поле розсіяння перевищує заданий допуск на відхилення маси упаковки) необхідно змістити середину поля розсіяння при налагодженні дозатора так, щоб поле розсіяння змістилося вище нижньої межі величини дози упаковки (рис. 5). Як бачимо, при неточному дозаторі завжди виникає передозування продукту, яка призводить до його перевитрати. Якщо продукт недорогий, то така ситуація може тривати на виробництві достатньо довго. Якщо продукт дорогий, то необхідно використати більш дорогий і точний тип дозатора із меншим розсіянням. Очевидно, що для дорогого продукту висока точність і вартість дозатора швидко окупиться.

5.4 Статистичне регулювання точності функціонування технологічного комплексу

Застосовується у випадку, коли експлуатаційним показником технологічного комплексу є параметр якості виробу, значення якого є легко вимірюваним і керованим в процесі функціонування. Такими параметрами виступають найточніші розміри деталей при їх механічній обробці, або маса упаковок при автоматичному дозуванні тощо. Тому цю методику ще називають методикою статистичного регулювання якості виготовлення виробу.

В основу методики покладено потоковий аналіз за допомогою **миттєвих вибірок** досліджуваного показника точності функціонування технологічного комплексу. Методика дозволяє своєчасно встановити можливість появи браку при обмеженій кількості спостережень при механічній обробці деталей, або можливість появи браку і перевитрати продукту при автоматичному дозуванні. Для виконання аналізу необхідно знання закону розподілу, найбільш придатного для опису сукупності дослідних даних. Практично в виробничих умовах використовують нормальний закон розподілу.

Миттєвою називають вибірку із потоку продукції, яку складають вироби, виготовлені останніми на момент відбирання на протязі відносно короткого інтервалу часу. Об'єм таких вибірок, як правило, не перевищує 10 виробів, тому їх також називають **малими вибірками**. Статистичними характеристиками цих вибірок є: вибіркове середнє $\overline{Y}$, вибіркова медіана $\tilde{Y}$, вибіркова дисперсія S^2, вибіркове середньоквадратичне відхилення *S*, вибірковий розмах *R*.

План статистичного регулювання передбачає визначення:

1. періоду відбору вибірок;
2. об'єму вибірки;
3. значень меж регулювання на діаграмі точності.

Розглянемо застосування методики для регулювання якості дозування за допомогою миттєвих вибірок, для кожної з яких визначається середнє арифметичне значення і поле розсіяння. Вважатимемо, що розсіяння показника якості, наприклад маси упаковки, розподілено за нормальним законом розподілу. В процесі фасування береться вибірка із 3-10 виробів. Період відбору і обсяг вибірки встановлюють в залежності від тривалості циклу між розлагодженнями процесу фасування, наприклад 1-2 години. За результатами вимірювання доз і-ої вибірки визначаються:

$$\bar{y}_i = \frac{y_i 1 + y_i 2 + y_i 3 + ... + y_i n}{n};$$

$$R_i = y_{Mi} - y_{mi}.$$

Величини y_{Mi}, y_{mi} відповідають найбільшому і найменшому значенню досліджуваного параметру в *i*-ій вибірці. Значення $\bar{y}_i$ характеризує рівень налагодження технологічного комплексу, а *R* – розсіяння показника якості виробу, тобто точність дозування. Знайдені значення наносять в вигляді точок на контрольну карту, на якій нанесено масштабну сітку і дві контрольні межі для допустимих зміщень значень $\bar{y}_i$ (Рв – верхня межа, Рн – нижня межа), а також верхня контрольна межа для поля розсіяння – Рв(*R)*.

Розсіяння розмірів в кожній вибірці характеризується її середнім квадратичним відхиленням, що визначається за виразом:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum \left(y_{ij} - \bar{y}_i\right)^2}{n_i - 1}}.$$

Розсіяння ряду середніх арифметичних вибірок об'ємом *ni* характеризується величиною дисперсії середніх

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_i}{\sqrt{n}}.$$

В основу покладено твердження теорії ймовірностей про те, що точність ряду, складеного із середніх арифметичних, буде в $\sqrt{n}$ раз вище від точності ряду із окремих результатів вимірювання. Тобто, якщо партію упаковок, розподіл мас яких розподілений за законом Гауса із середнім квадратичним σ, розбити на групи по *n* упаковок і визначити середнє арифметичне маси для кожної із цих груп $\bar{Y}i$, то розподіл групових середніх також буде підпорядковуватися закону Гауса із середнім квадратичним

$$\sigma_{\bar{ч}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

При цьому центр групування середніх співпадає з центром групування мас всієї партії виробів (рис. 5.4). Вважається, що середнє арифметичне вибірки може відрізнятися від середнього арифметичного всієї партії виробів не більше ніж на половину поля розсіяння групових середніх, тобто $3\sigma_{\bar{x}} = 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. Тому межі регулювання середніх арифметичних показника якості виробу (маси дози в упаковці) , розподіленого за законом Гауса, можна наносити на відстані $\bar{y} \pm 3S_{\bar{x}} = \bar{y} \pm \frac{3S_i}{\sqrt{n}}$ від середини поля допуску на цей показник, що приймається за значення налагоджування. При побудові контрольної карти нанесення меж на діаграму рекомендується здійснювати не від значення середнього арифметичного $\bar{y}$, а від найбільшого і найменшого допустимого значень $y_м, y_m$ регульованого параметру. Ці межі для значення $\bar{x}$ визначаються в залежності від об'єму вибірки *n* і величини допуску *Ту* за виразами:

$$P_B = y_M - A_6 \cdot 0{,}5 \cdot Ty;$$
$$P_H = y_m + A_6 \cdot 0{,}5 \cdot Ty;$$
$$P_{BR} = Д_3 \cdot 0{,}5 \cdot Ty.$$

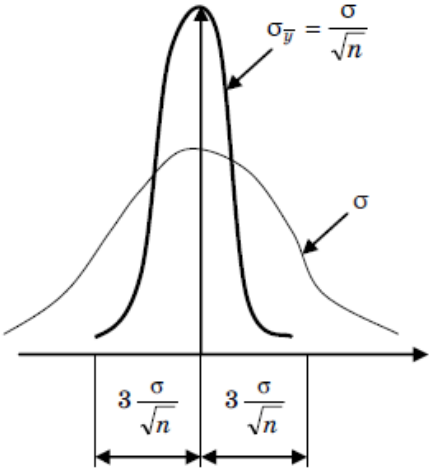


Рисунок 5.4 – Розподіл мас упаковок і розподіл середніх їх вибірок

Значення коефіцієнтів визначається за допомогою табличних даних (табл.5.2).

Таблиця 5.2 – Залежність коефіцієнтів від обсягу вибірки

Обсяг вибірки	А6	Д3
3	0,423	1,45
4	0,500	1,56
5	0,553	1,63
7	0,662	1,72
9	0,667	1,78
10	0,684	1,84

Приклад. Розрахувати межі регулювання точності фасування кави при номінальному значенні маси упаковки 200±3 *г.* Розподіл доз упаковок підпорядкований нормальному закону розподілу. Об'єм вибірок *n=5.* Вибірки беруться щогодини. Результати розрахунку $\bar{y}$ та *R* нанесені безпосередньо на карту контролю (рис. 5.5).

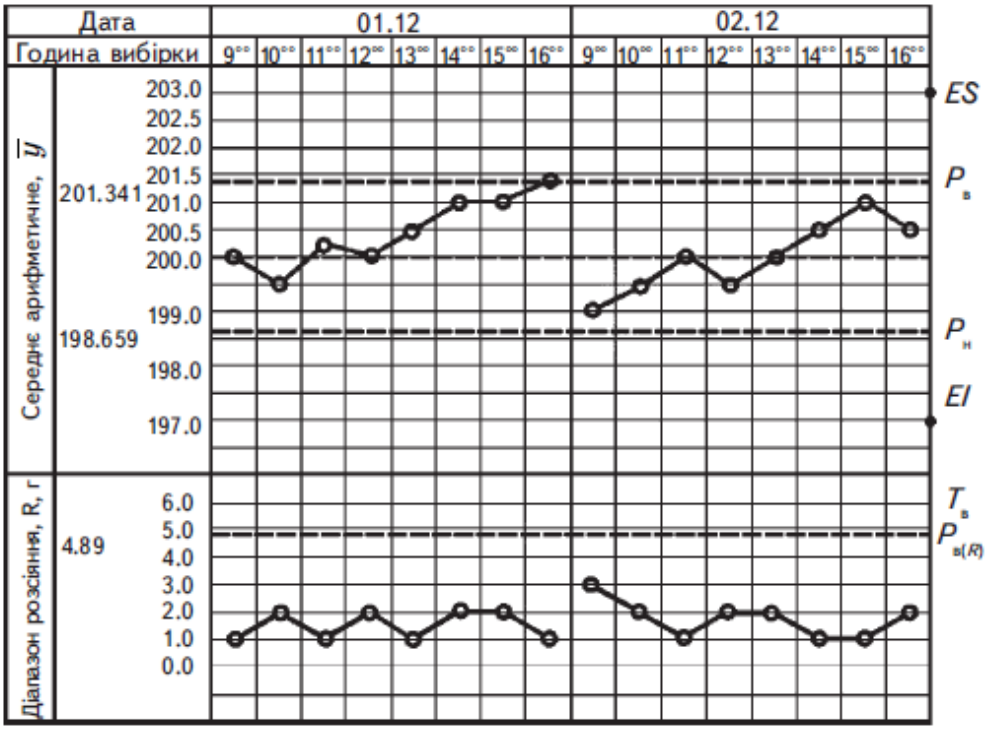


Рисунок 5.5 – Контрольна карта Шухарта для оцінки точності дозувального автомату

Із таблиці 1 знаходимо значення коефіцієнтів А6 = 0,553 і Д3 = 1,63.

Тоді межі регулювання точності фасування визначаться як

$$P_B = y_M - A_6 \cdot 0{,}5 \cdot Ty = 203 - 0{,}553 \cdot 0{,}5 \cdot 6 = 201{,}341 \quad г;$$
$$P_H = y_m + A_6 \cdot 0{,}5 \cdot Ty = 197 + 0{,}553 \cdot 0{,}5 \cdot 6 = 198{,}659\, г;$$
$$P_{BR} = Д_3 \cdot 0{,}5 \cdot Ty = 1{,}63 \cdot 0{,}5 \cdot 6 = 4{,}89\, г.$$

При проведенні потокового контролю визначається вплив систематичних похибок, що призводять до порушення нормального протікання процесу дозування. Знання причин розналагодження полегшує операцію налагодження, що здійснюється оператором.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Що таке виробничий процес?
2. Що таке технологічний процес і технологічна операція?
3. Які види технологічних переходів ви знаєте?
4. Що технологічний цикл і робочий цикл роботи автоматичного устаткування?
5. Чим характеризується придатність технологічного процесу чи операції до автоматизації?

6. Поняття технологічного комплексу. Визначення.
7. Тенденції розвитку технологічних комплексів.
8. Види і типова структура технологічних комплексів.
9. Матеріальні потоки в технологічних комплексах.
10. Транспортно-технологічна схема. Їх види.
11. Класифікація технологічних ліній за рівнем автоматизації.
12. Класифікація технологічних ліній за типом основного обладнання.
13. Приклади технологічних ліній із різним типом обладнання.
14. Однопотокові і багатопотокові технологічні лінії. Приклади структури.
15. Як визначається продуктивність автоматизованої лінії із жорстким міжагрегатним зв'язком?
16. Як визначається продуктивність автоматизованої лінії із гнучким міжагрегатним зв'язком?
17. Автоматичні лінії пакування на базі роторного обладнання.
18. Роторні машини-автомати.
19. Методика розрахунку кількості позицій.
20. Роторні машини для штампування і для розливу рідин.
21. Побудова циклограми.
22. Профілювання копіра.
23. Що таке коефіцієнт точності технологічного комплексу?
24. Як визначається коефіцієнт зміщення налагодження?
25. Контрольні карти Шухарта – принципи побудови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пальчевський Б. О. Автоматизація технологічних процесів. Львів: Світ, 2007. 392 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. Київ: Ліра-К, 2021. 378 с.
3. Ощипок І. М., Ланиця І. Ф. Автоматизація виробничих процесів: навч. посібник. Львів: Вид–во Львів, 2020. 224 с.
4. Іванишин Т. В., Мазепа С. С. Основи автоматики та автоматизації виробничих процесів лісових та деревообробних підприємств. К Магнолія, 2019. 354 с.
5. Контроль і управління технологічними процесами: навч. посіб. / О. П. Клименко, І. Г. Каюн, А. Р. Шейкус. Дніпро: Вид-во ДВНЗ УДХТУ, 2019. 180 с.

6. Пальчевський Б. О. Аналіз взаємодії робочого і інформаційного процесів в кібер-фізичній виробничій системі / Наукові нотатки: Міжвузівський збірник ЛНТУ. 2021. Вип.72. С. 169-174.

7. Пальчевський Б. О. Класифікація і аналіз технологічних машин за характером взаємодії їх робочих і інформаційних процесів // Технологічні комплекси. Науковий журнал ЛНТУ. 2019, №1(16). С. 5-20.

8. Bogdan Palchevskiy, Lyubov Krestyanpol. APPLICATION OF PREDICTIVE MAINTENANCE IN THE PACKAGING PRODUCTION. Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOS, № 3. 2022. P. 27-33.

9. Palchevskyi Bogdan i inny. Komputerovo zintegrowane proektowanie elastycznych systemow produkcyinych. Lublin: Wyd.Politechnika Lubelska, 2015. 376 p.

10. Пальчевський Б. О. та інші. Інформаційне забезпечення інтегрованих гнучких виробничих систем :монографія. Луцьк: Вежа-Друк, 2014. 344 с.

11. Пальчевський Б. О. Інформаційні технології проектування технологічного устаткування: монографія. Луцьк: Луцький НТУ, 2012. 572 с.

12. Павленко І. І., Можара В. А. Роботизовані технологічні комплекси: монографія. Кропивницький: Вид-во КОД, 2019. 382 с.

13. M. Reza Abdi, Ashraf W. Labib, Farideh Delavari Edalat, Alireza Abdi. Integrated Reconfigurable Manufacturing Systems and Smart Value. Springer International Publishing AG, 2018. 304 p.

14. ДСТУ ISO 7870-2:2016 (ISO 7870-2:2013, IDT) Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта. Введено в дію 01.09.2016.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМПЛЕКСІВ

(укладач Решетило О. М.)

ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ СИСТЕМ ЗБИРАННЯ ДАНИХ

1.1 Поняття систем збирання даних

В даний час технології збирання даних знайшли найширше застосування: від науково-дослідних додатків до різних завдань випробувань і автоматизації в промисловості. Для здійснення збирання даних вчені та інженери використовують персональні комп'ютери (ПК) з шинами PCI, PXI, CompactPCI, PCMCIA, USB, FireWire, а також з послідовними і паралельними портами. Багато пристроїв збирання даних встановлюються безпосередньо в комп'ютер і передають дані безпосередньо в його пам'ять. У ряді завдань використовуються віддалені пристрої збирання даних, які підключаються до ПК через мережу Ethernet або через послідовний і паралельний порти. У загальному випадку коректність одержаних результатів визначається компонентами комп'ютерної системи збирання даних (рис. 1):

- датчики;
- системи узгодження сигналів;
- обладнання збирання даних;
- шина передачі даних;
- персональний комп'ютер;
- програмне забезпечення.

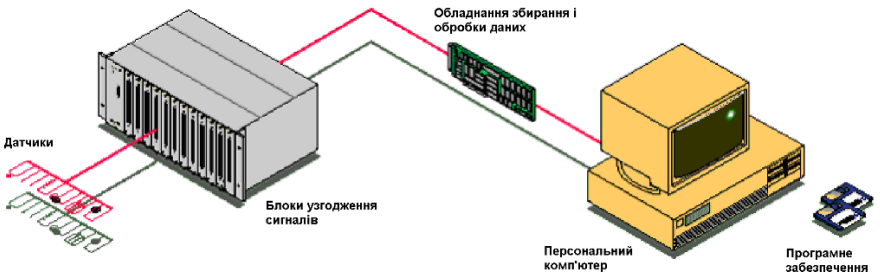


Рисунок 1 – Типова сучасна комп'ютерна система збирання даних

1.2 Типи і характеристики сигналів, що вимірюються

Існує два принципово різних типи сигналів, що визначають апаратну частину системи збирання даних: аналогові та цифрові сигнали.

Необхідно спочатку провести класифікацію сигналу виходячи з необхідності вимірювання тих чи інших його параметрів. Наприклад, один і той же сигнал з

послідовності імпульсів прямокутної форми (рис. 2) може бути як цифровим, при необхідності вимірювання частоти проходження імпульсів, так і аналоговим, при вимірюванні крутизни фронтів імпульсів.

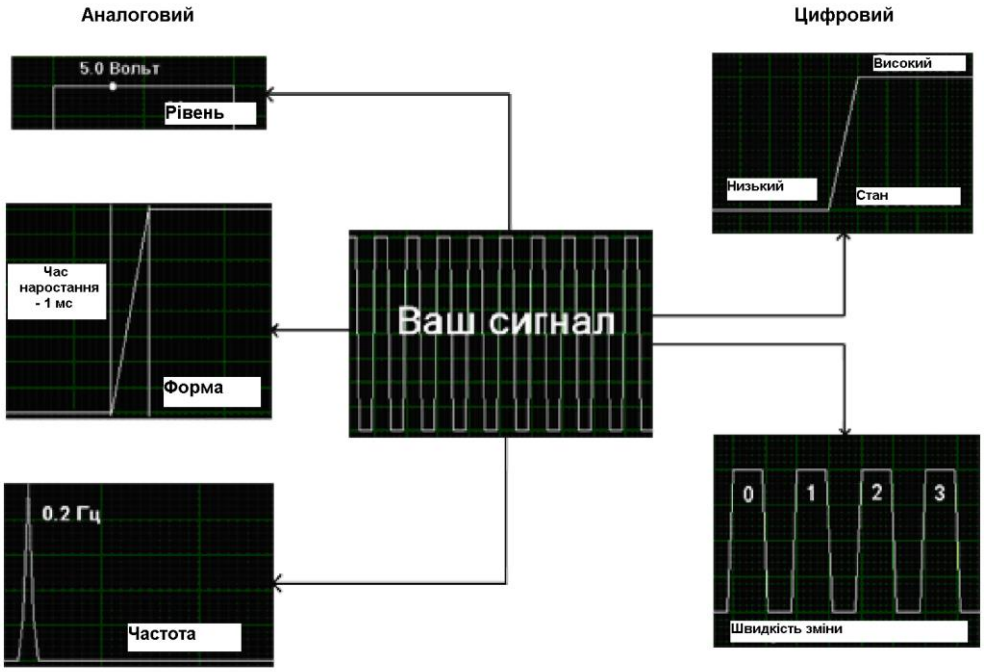


Рисунок 2 – Типи сигналів

1.3 Характеристики аналогових сигналів

Аналоговий сигнал може мати будь-який рівень напруги залежно від часу. Аналіз аналогового сигналу зводиться до вимірювання його тимчасової форми, що дає інформацію для подальшого аналізу інших параметрів сигналу, таких як: частота сигналу, пікові амплітудні значення, час наростання/спадання або середнє значення.

Наступні параметри аналогового сигналу визначають параметри системи збирання даних: амплітуда сигналу, характерний час зміни сигналу (наприклад, тривалість імпульсу або швидкість наростання його фронту). Важливим чинником є смуга частот сигналу, гармонійні спотворення, співвідношення сигнал/шум і т.д.

Так, наприклад, при повільній зміні рівня аналогового сигналу в часі, як правило, необхідно його вимірювати з високою точністю за амплітудою. Для цього потрібен пристрій збирання даних з великою роздільною здатністю за амплітудою, але невеликою частотою дискретизації за часом.

1.4 Характеристики цифрових сигналів

Цифрові сигнали мають два можливі стани – логічна «1» (високий рівень напруги, стан «істина») і логічний «0» (низький рівень напруги, стан «хибність»).

В сучасній техніці існує декілька стандартів цифрової логіки, найпоширенішими серед них є:

– стандарт транзисторно-транзисторної логіки (TTL/CMOS): рівень напруги в інтервалі 0-0,8 В трактує як логічний «0», а рівень напруги в інтервалі 2,4-5 В – як логічна «1».

– стандарт ТТЛ із зниженим рівнем напруги Low Voltage TTL (LVTTL/LVCMOS): 0 В – логічний «0», а 3,3 В – логічна «1».

– промисловий стандарт з підвищеним рівнем напруги: 0-±4 В – логічний «0», а ±4-±30 В – логічна «1».

Можна виміряти наступні параметри дискретного сигналу: стан (рівень), швидкість зміни станів (тривалість імпульсу, період, шпаруватість). Наприклад, вимірюючи частоту проходження імпульсів кутового енкодера (датчика, що перетворює інформацію про обертальний рух валу двигуна в дискретний сигнал), можна визначити частоту обертання валу, прискорення/сповільнення його обертання, кут повороту і напрям обертання.

В основному в промисловості цифрові сигнали використовуються для перешкодостійкої передачі даних, з чим і пов’язаний високий рівень логічної «1» напругою 24 В.

1.5 Шини і порти, що використовуються для передачі даних

Припустимо, стоїть задача безперервного оцифровування швидкозмінного сигналу з частотою десять мільйонів точок за секунду з точністю представлення кожної точки у вигляді двох байтів. Тобто, дані повинні передаватися від системи збирання даних в комп’ютер із швидкістю 20 Мбайт на секунду, отже, необхідно забезпечити необхідну пропускну здатність інтерфейсу. Більш того, якщо задача вимагає одночасної обробки результатів вимірювань в режимі реального часу, то додаткові вимоги накладаються на продуктивність комп’ютера.

Таким чином, істотний вплив на максимальну швидкість потокового збирання даних має швидкодія комп’ютера, що використовується в системі збирання даних (СЗД). Оскільки комп’ютерні технології розвиваються дуже швидко, СЗД в повному об’ємі одержує переваги від їх використання, а саме – можливості обробки сигналів і даних в реальному режимі часу, розширенні функції графічного відображення інформації та високі швидкості збереження потоків даних на дискові накопичувачі.

Шини PCI і, останнім часом, PCI-Express (PCI-E) є стандартними компонентами більшості сучасних ПК і забезпечують можливість передачі даних з швидкістю до 4 Гбайт/с. При цьому необхідно відзначити, що шина PCI

використовує метод паралельної передачі даних по 4 байти за такт, а PCI-E є послідовною шиною.

На фізичному рівні шина PCI-E утворюється двома парами провідників: одна для передачі даних, друга – для прийому. Така побудова дозволяє всім підключеним пристроям працювати на повній швидкості, тоді як в паралельній шині PCI пропускна здатність розподілялася між всіма підключеними пристроями. Слот PCI-E складається з одного, двох, чотирьох, восьми або шістнадцяти незалежних каналів передачі даних. Одне послідовне з'єднання PCI-E забезпечує пропускну здатність 256 Мбайт/с. Пропускна здатність однакова в обидві сторони, оскільки шина є повнодуплексною, тобто може передавати дані «туди і назад» одночасно, по різних каналах. Таким чином, з врахуванням повного дуплексу, пропускна здатність одного послідовного підключення PCI-E складає 512 Мбайт/с, а при використовуванні 16 незалежних ліній – до 4 Гбайт/с в одному напрямку і до 8 Гбайт/с – в обох.

Зовнішні широко поширені шини і порти USB і FireWare (IEEE 1394), PCMCIA та її заміна CardBUS, є основою для побудови гнучких СЗД із швидкістю передачі даних до 80 Мбайт/с. Існують так само і спеціалізовані інтерфейси для взаємодії із зовнішніми пристроями збирання даних, наприклад, шина GPIB. Порівняльні характеристики шин і портів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Швидкісні характеристики передачі даних основних шин і портів ПЕОМ

Тип шини/порту	Максимальна пропускна здатність, Мбіт/с (частота МГц х ширина шини в бітах)
Serial port RS-232	0,115
Standard LPT port	0,92 (0,115 x 8)
GPIB IEEE 488.1/488.2	1/8
ECP/EPP LPT port	3
USB 1.1/2.0	12/480
FireWare IEEE 1394a/1394b	400/800
CF Type II/Type III	128/528
PCMCIA	264 (16 x 16)
CardBUS	1056 (33 x 32)
PCI	1056 (33 x 32)
PCI-E(x1/x16)	2048/32768

Необхідно також відзначити, що на швидкість передачі даних істотно впливає архітектура шини/порту та спосіб передачі даних. Наприклад, при майже рівній пропускній здатності шини USB 2.0 і порту Fireware IEEE1394a, практична швидкість передачі потокових даних останньої істотно вище.

Повернемося тепер наприклад до вибору системи збирання даних. Виходячи з швидкості надходження інформації з пристрою вводу даних в 20 Мбайт/с (160 Мбіт/с) можна визначити тип інтерфейсу пристрою збирання даних за даними в табл. 1: USB 2.0, Fireware, PCI і т.д. Відзначимо, що безперервне збирання даних має на увазі їх постійний запис на жорсткий диск комп'ютера. При великих швидкостях вводу даних може виникнути проблема з браком пропускної здатності системи запису інформації.

Таким чином, комп'ютерні системи збирання даних представляють серйозну альтернативу стаціонарним рішенням. В додатках віддаленого і розподіленого збирання даних можна розмістити вимірювальні вузли в безпосередній близькості від датчиків і джерел сигналу, а для передачі результатів вимірювань використовувати стандартні мережеві технології Ethernet, послідовний порт або вузли безпровідного зв'язку. При виборі пристрою збирання даних (ЗД) і архітектури системної шини слід враховувати режими та швидкості передачі даних, які підтримуються вибраним пристроєм та шиною.

Швидкодія комп'ютера істотно впливає на продуктивність системи збирання даних в цілому. При збільшенні продуктивності ПК швидкість роботи СЗД також збільшується.

1.6 Послідовний порт RS-232

Послідовний порт є стандартною периферією сучасних комп'ютерів, хоча на переносних комп'ютерах він зустрічається все рідше і рідше. Дані передаються через порт послідовно, один за одним. Для здійснення двостороннього обміну даними використовується додаткова цифрова лінія. В загальному випадку сюди необхідно додати лінії готовності приймача і джерела, лінію виявлення несучої і т.д. В результаті COM-порт комп'ютера являє собою 9-піновий роз'єм (раніше існував 25-піновий аналог).

На відміну від TTL стандарту, рівень логічної «1» в послідовному порті складає 12 Вольт, а «0» – -12 В. Велика різниця рівнів сигналів забезпечує хорошу перешкодозахисність, тому по послідовному інтерфейсу дані можуть передаватися на відстані до 50 метрів.

Можливі два методи передачі даних: синхронний та асинхронний. В першому випадку дані передаються відповідно до тактів опорного сигналу, що передається по окремій цифровій лінії. Цей метод використовується при передачі даних між цифровими пристроями: мікроконтролерами, цифровими потенціометрами, мікросхемами генераторів і т.д.

В персональному комп'ютері використовується асинхронний режим роботи послідовного порту, при якому обмін даними відбувається на відомій фіксованій

частоті. Інформація передається у вигляді байтових посилань, кожне з яких містить стартовий біт, який вказує на початок передачі даних, 8 бітів даних, біт контролю парності та один або півтора біта стоп-бітів.

Біт парності використовується для найпростішого контролю за помилками, він буває трьох видів:

– біт парності не використовується (no parity);

– парний біт – має значення «1», якщо сума бітів посилання є парною (Even parity);

– непарний біт – має значення «1», якщо сума бітів посилання є непарною (Odd parity).

Швидкість передачі даних вимірюється в бодах. Відмінність від біт/с полягає в тому, що в даному випадку при передачі інформації враховуються всі службові біти. Типові значення швидкості передачі даних складають: 1200, 2400, 9600, 14400, 19200, 28800, 33600, 52800, 105600 бод.

1.7 Паралельний порт

Як випливає з назви, в паралельному порті використовується паралельна передача даних по восьми цифрових лініях (один байт). В даний час цей порт є двонаправленим, тобто можна обмінюватися даними між комп'ютером і пристроєм. При мінімальній конфігурації порту необхідно 11 ліній: 8 – для передачі даних, 2 лінії підтвердження і одна – «земля». Максимальна довжина передачі даних складає 10 метрів, а швидкість – до 1 Мбіт/с.

1.8 Шина GPIB (IEEE488)

GPIB (General Purpose Interface Bus) – шина загального користування була запропонована компанією Hewlett-Packard більше 40 років назад і мала в той час назву HPIB. В СРСР використовувався сумісний аналог – канал загального користування (КЗК). Після затвердження стандарту шини в міжнародному інституті стандартизації їй було присвоєно скорочення IEEE-488.1, а після ухвалення більш досконалого протоколу обміну даними – назва IEEE-488.2.

Стандарт IEEE-488 дозволяє підключити до однієї шини до 15 пристроїв. Топологія шини може бути довільною: лінійна, зіркова, деревовидна і т.д. Для забезпечення адресного обміну даними, кожний з пристроїв має свою унікальну реконфігуруєму адресу.

Один з 15 пристроїв, підключених до шини, повинен здійснювати роль контролера-арбітра. Як правило, в ролі контролера виступає інтерфейсна плата GPIB в комп'ютері. Передача даних відбувається по паралельних лініях з використанням технології Talker – Listener (Передавач – Приймач) і може досягати

швидкостей до 8 Мбайт/с. Дані посилаються в пристрій і приймаються назад в символьному ASCII форматі. Велика кількість команд для широкого ряду пристроїв є стандартними, наприклад команда запиту ідентифікатора пристрою *IDN? Проте, для повноцінної роботи з приладом необхідно знати систему його команд, яка повинна бути надана виробником.

В даний час стандартними пристроями з GPIB інтерфейсом є зовнішні модульні осцилографи, спектральні аналізатори, генератори сигналів та інші пристрої, виробників Agilent, Tektronix і т.д.

1.9 Шина USB

В даний час широке розповсюдження отримала універсальна послідовна шина USB (Universal Serial Bus). Причина популярності криється в дешевій практичній реалізації та достатній гнучкості архітектури.

В цілому до одного контролера USB може бути підключено до 128 пристроїв. Перша версія Full speed USB (USB 1.1) дозволяла передавати дані з швидкістю до 12 Мбіт/с. Затверджений незабаром стандарт Hispeed USB (USB 2.0) швидше попереднього в 40 разів, що дозволяє використовувати USB шину для передачі оцифрованих даних та відеозображення. Фізично USB шина складається з чотирьох провідників: лінія живлення +5 В, «земля» і двох різноспрямованих ліній даних.

З погляду програміста недоліком USB шини є необхідність написання драйверів для будь-якого пристрою, оскільки стандартних типів пристроїв із стандартними драйверами не існує. З цієї ж причини виникають складнощі підключення пристрою власними силами: необхідно досконально знати протоколи обміну командами і даними між пристроєм та комп’ютером. Додатковим обмеженням швидкості передачі потокових даних є необхідність використання переривання.

1.10 Шина FireWare (IEEE 1394)

Послідовна шина FireWare (IEEE 1394) використовується для підключення пристроїв, що передають великі об’єми даних: відеокамери, жорсткі диски та інше високошвидкісне обладнання. Вперше дана шина була запропонована компанією Apple в 1990 році, як дешева альтернатива шині SCSI (шина IEEE1394 використовує метод послідовної передачі даних, а SCSI – паралельної передачі). На ринок PC шина вийшла в 1997 році, вона була передбачена в специфікації PC97. Синоніми IEEE1394: FireWare (торгова марка Apple Computers) та i.LINK (торгова марка SONY).

Інтерфейс FireWare підтримує синхронну та асинхронну передачу даних і надає можливість підключення до 63 пристроїв на один порт. В стандарті

IEEE1394a передбачена швидкість передачі даних 100, 200 і 400 Мбіт/с. Більш нова специфікація IEEE1394b підтримує швидкість передачі до 800 Мбіт/с. При цьому стандарти є сумісними до низу, і різні пари пристроїв можуть обмінюватися даними на різних швидкостях, наприклад, на 100 та 400 Мбіт/с.

Для зв'язку використовується 6/4-х жильний мідний кабель або, досить рідко, оптоволокно. По одному з шести провідників подається напруга живлення від 8 до 40 В (струм до 1,5 А), що дозволяє відмовитися від джерел живлення в периферійних пристроях, ще один провідник є «землею», а чотири інших у вигляді двох екранованих витих пар використовуються для передачі даних. Для зменшення розміру роз'єму на мобільних пристроях використовується 4-х контактний кабель без провідників живлення.

Кожний пристрій FireWare може містити до 6 роз'ємів (частіше всього 3) для підключення інших пристроїв. Довжина сегменту FireWare може досягати 4,5 м.

FireWare підтримує технологію автовизначення Plug-n-play, «гаряче» включення та ізохронний режим роботи, що забезпечує гарантовану смугу пропускання для підключених пристроїв. Подібно до контролерів SCSI, контролери FireWare можуть самостійно обробляти більшість операцій вводу/виводу, не займаючи час процесора. Це досягається за допомогою передачі даних з використанням прямого доступу до пам'яті.

Великою перевагою шини FireWare, в порівнянні з USB шиною, є наявність стандартизованих протоколів обміну даними між периферією і персональним комп'ютером. В даний час розроблено більше 50 міжнародних стандартів. Одним із стандартів обміну даними по шині FireWare є протокол DCAM, який створений для передачі некомпресованого відеосигналу. Велика кількість промислових цифрових відеокамер відповідають специфікації DCAM, що дозволяє використовувати для роботи з ними уніфіковане програмне забезпечення, наприклад, пакет LabVIEW з модулем IMAQ for IEEE1394.

1.11 Порти вводу/виводу

Дані, які поступають з пристрою збирання даних в комп'ютер через інтерфейс, потрапляють в порт вводу/виводу даного пристрою. Порт вводу/виводу – це спеціальна область оперативної пам'яті, що використовується для обміну інформацією із зовнішніми та інтегрованими на материнську плату пристроями: контролерами, послідовними, паралельними і PS/2 портами, USB і FireWare пристроями, платами розширення з інтерфейсами PCI, PCI-E і т.д. При конфігуруванні операційної системи, необхідно досягти відсутності перекриття областей пам'яті портів різних пристроїв.

Так, наприклад, послідовний порт COM1 має один байтовий порт, що починається за адресою 0x3F8, COM2 – 0x2F8. Паралельний порт LPT1 має трьохбайтовий адресний простір – для обміну даними (1 байт), управління командами (1 байт) і читання поточного стану (1 байт), ця область пам'яті починається з адреси 0x378 та 0x278 для порту LPT2. Приклад конфігурації портів вводу/виводу показаний на рисунку 3.

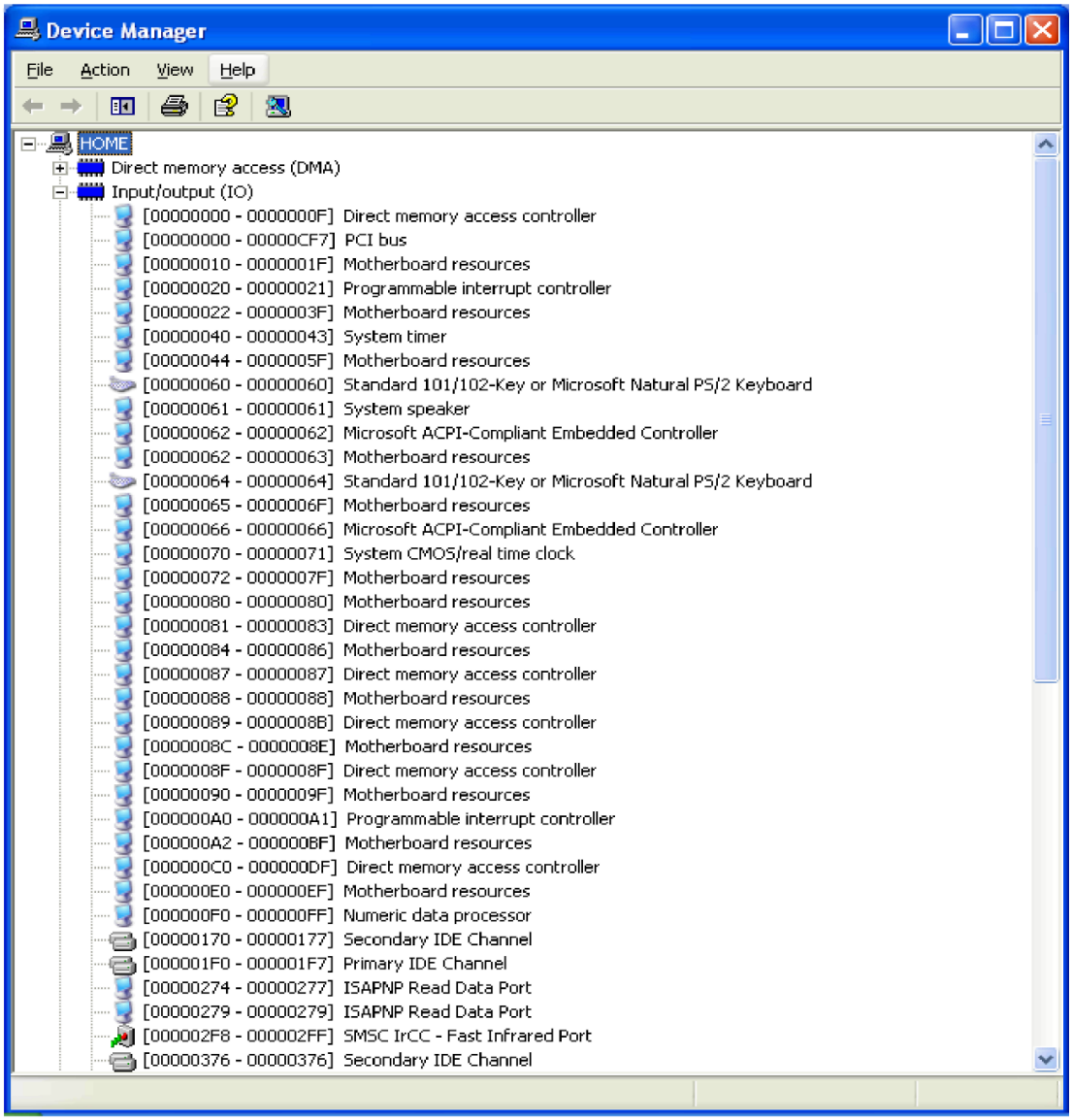


Рисунок 3 – Приклад конфігурації портів вводу/виводу персонального комп'ютера

В сучасній архітектурі персонального комп'ютера існує чотири основні способи обміну даними між пристроєм і комп'ютером через порти вводу/виводу:

– синхронний обмін;

– асинхронний обмін;

– обмін даними за перериванням;

– обмін даними з використанням прямого доступу до пам’яті.

При синхронному типі обміну інформацією між двома пристроями – попередньо встановлюється швидкість передачі даних, і передавач побітово відправляє посилання, не піклуючись про його коректне отримання з боку приймача. При цьому досягається максимальна швидкість передачі інформації при її низькій достовірності. Для забезпечення надійності таких ліній часто використовується метод підтвердження, коли приймач пересилає отримані дані назад передавачу. Той в свою чергу перевіряє збереження даних і повторює посилання, або висилає нове.

При використовуванні асинхронного обміну даними по шині передаються спеціальні управляючі сигнали, що інформують про готовність до прийому/посилання даних, підтверджуючі прийом/передачу інформації і т.п. Це істотно підвищує надійність передачі даних.

1.12 Переривання

Існує три типи переривань (IRQ – interrupt request): програмні, апаратні і внутрішні логічні.

Програмні переривання зручно використовувати для організації доступу до окремих загальним для всіх програм модулів. Наприклад, програмні модулі операційної системи доступні прикладним програмам саме через переривання, і немає необхідності при виклиці цих модулів знати їх поточну адресу в пам’яті.

Внутрішні (логічні) переривання формуються самим процесором, коли він зустрічається з деякими особливими подіями, наприклад, діленням на нуль.

Апаратні переривання викликаються фізичними пристроями. На фізичному рівні апаратне переривання – це електричний сигнал, який апаратура посилає процесору по лініям переривань, повідомляючи про зміну в своєму стані або запрошуючи певні дії з боку процесора. Наприклад, переривання може повідомляти про те, що плата збирання даних завершила вимірювання необхідної кількості точок, і дані необхідно перемістити в буфер в оперативній пам’яті. Апаратні переривання можуть бути маскованими і немаскованими, тобто деякі переривання можуть бути дозволені або заборонені, а деякі – заборонити не можна. Останні використовуються для повідомлень про «аварійні події»: відключення живлення, виявлення помилок пам’яті і т.д.

З погляду створення систем автоматизації нас в першу чергу цікавлять апаратні переривання. Вони поступають в контролер переривань по лініях шини переривань. По-перше, у IBM PC в якості контролера переривань (PIC – Programmable Interrupt Controller) використовувалася мікросхема Intel 8259 (I8259),

що має 8 входів для сигналів переривань. Контролер програмувався на встановлення пріоритетів переривань, найвищим пріоритетом володіла лінія IRQ0, а найнижчим – IRQ7. Надалі кількість ліній переривань була збільшена до 15 – шляхом каскадного включення двох мікросхем I8259, при якому вихід другого контролера підключався до входу IRQ2 першого. Таким чином, лінії IRQ8-IRQ15 мали пріоритет нижче, ніж IRQ1, але вище ніж IRQ3, а лінія IRQ2 отримала назву каскаду. В даний час в сучасних комп'ютерах використовується вдосконалений контролер переривань (APIC – Advanced PIC), розрахований на 24 лінії переривань.

Розглянемо механізм обробки переривань. Після того, як контролер отримав по одній з ліній переривання, він перевіряє дозвіл на це переривання в регістрі масок, що розташований в портах вводу/виводу за адресою 0x20 (рис. 3). Тоді контролер переривань визначає пріоритет переривання, оскільки одночасно їх може поступити декілька.

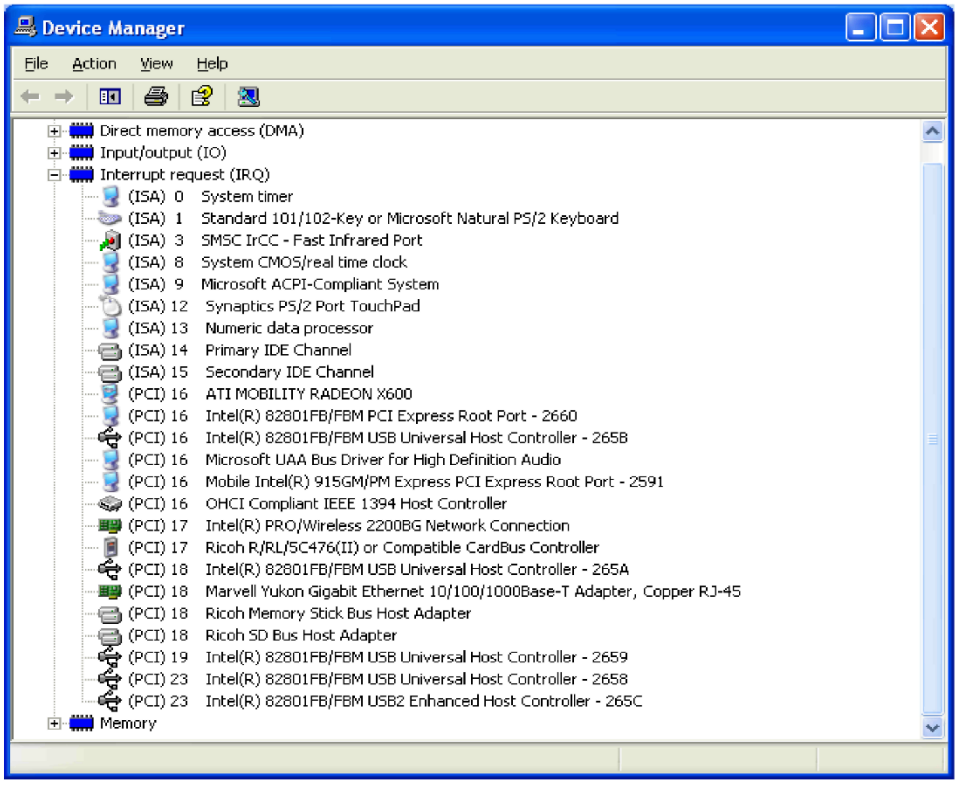


Рисунок 4 – Приклад конфігурації переривань персонального комп'ютера

Якщо переривання дозволено і в нього найвищий пріоритет в таблиці векторів переривань, яка розташована в молодших адресах пам'яті, визначається адреса сегменту програми – обробника переривань, який передається в регістр адреси процесора. Перед обробкою переривання процесор припиняє поточні обчислення та в стеці зберігає поточні значення регістрів процесора. Окрім цього, в регістрі масок виставляється прапорець на заборону обробки інших переривань,

за винятком немаскованих. Після завершення обробки переривання забирається прапорець з регістра масок, відновлюється стан регістрів процесора, і він повертається до виконання поточного завдання.

1.13 Прямий доступ до пам’яті

Передача даних з використанням прямого доступу до пам’яті ПДП (DMA – Direct Memory Access) здійснюється за допомогою спеціального апаратного контролера, який проводить запис інформації з системної шини комп’ютера напряму в ОЗП, минувши процесор, і тим самим підвищуючи загальну продуктивність системи.

Стандартно процес запису числа в ОЗП здійснюється за допомогою центрального процесора. Якщо пристрій має апаратно реалізовану можливість роботи з лініями ПДП, він звертається до контролера ПДП по одному з каналів ПДП. Контролер запрошує у процесора дозвіл на передачу/прийом даних за певними адресами. При цьому процесор надалі звільняється від задач управління передачею даних та використовується для більш складніших обчислювальних задач.

У IBM PC/XT для організації прямого доступу до пам’яті використовувалася одна 4 контактна мікросхема I8237, канал 0 якої призначений для регенерації динамічної пам’яті. Канали 2 і 3 призначені для управління високошвидкісною передачею даних між жорсткими дисками і ОЗП. Лише канал 1 DMA був доступний для додаткового обладнання. IBM PC/AT має вже 7 каналів прямого доступу до пам’яті. В перших комп’ютерах це досягалося каскадним включенням двох мікросхем I8237. В даний час для цього використовується один контролер, що інтегрований в північний міст материнської плати.

Для використовування переваг ПДП пристрій збирання даних повинен підтримувати передачу даних даними способами на апаратному рівні. Наприклад, пристрої для шин PCI і FireWare (IEEE 1394) можуть працювати і в режимі прямого доступу до пам’яті і з використанням переривань, тоді як пристрої для PCMCIA і USB змінюють дані лише з використанням переривань. Таким чином, метод передачі даних також впливає на максимальну продуктивність СЗД, залежно від об’єму обчислень та інших операцій, що виконуються процесором комп’ютера паралельно із задачами, що виконуються.

Найбільшу перевагу від ПДП можна отримати лише при записі великих безперервних в пам’яті блоків даних. Використання прямого доступу до сильно фрагментованої пам’яті або запис по одному значенню може навіть сповільнити роботу системи в цілому. Таким чином, час доступу до диска і фрагментація файлової системи можуть значно понизити максимальну швидкість збирання та

накопичення даних. Для вимірювальної системи, яка реєструє високочастотні сигнали, слід вибирати високошвидкісний жорсткий диск і переконатися, що на ньому є достатня кількість безперервного (нефрагментованого) вільного місця. Більш того, для збирання даних краще виділити окремий диск, розташувавши операційну систему на іншому жорсткому диску.

1.14 Апаратура збирання даних

Виходячи із задач, можна створити систему на базі одного з наступних класів пристроїв збирання даних:

– пристрої аналогового вводу/виводу;

– пристрої цифрового вводу/виводу;

– лічильники/таймери;

– багатофункціональні пристрої, що підтримують аналогові та цифрові операції, а також можливості лічильників.

ТЕМА 2 ВВІД-ВИВІД АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ

2.1 Типова схема вводу аналогових сигналів

Сучасну реалізацію каналів аналогового вводу розглянемо на прикладі схеми типової багатофункціональної плати National Instruments PCI-6040E (рис. 5).

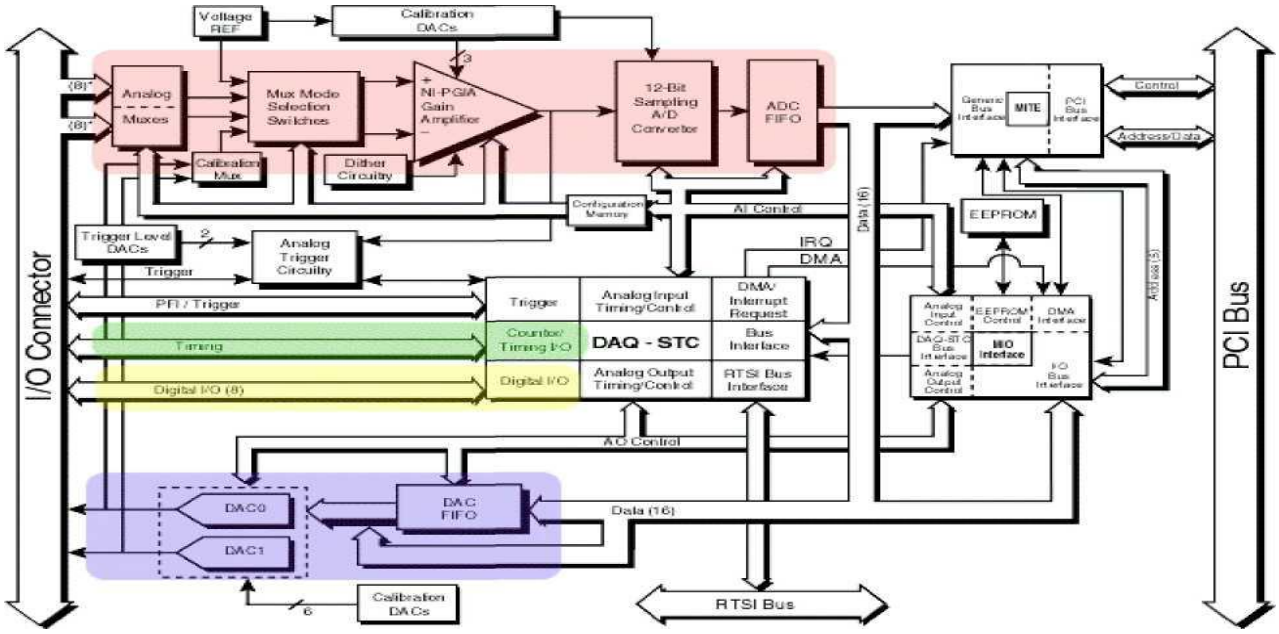


Рисунок 5 – Типова схема багатофункціональної плати вводу/виводу даних: рожевим виділений блок аналогового вводу, голубим – аналогового виводу, жовтим – блок цифрових ліній вводу-виводу, зеленим – блок цифрових лічильників/таймерів (на прикладі плати National Instruments PCI-6040E)

Для спрощення вважатимемо, що є лише один канал вводу аналогових даних (рис. 6). Сигнал, що виміряється, і «земля» подаються на входи програмованого підсилювача (ПП) з програмно-змінним коефіцієнтом підсилення, тоді підсилений сигнал поступає на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Результат вимірювань рівня напруги записується в буфер (FIFO), звідки з часом через інтерфейс PCI шини зчитується з використанням переривань або прямого доступу до пам'яті.

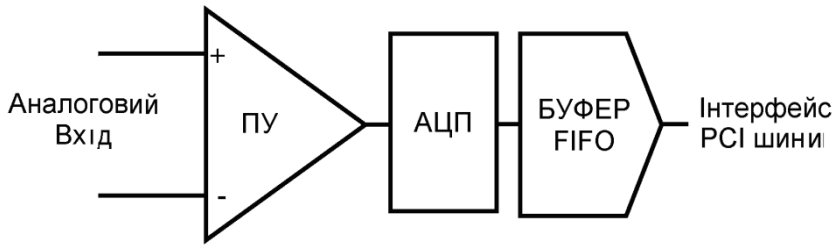


Рисунок 6 – Типова схема одноканального аналогового вводу

2.2 Типи і характеристики АЦП

Останнім часом найбільш поширена класифікація аналого-цифрових перетворювачів, що відображає часовий процес перетворення: послідовний, паралельний або послідовно-паралельний.

АЦП паралельного типу містить дільник, що складається з набору послідовно включених резисторів з однаковим опором R, компараторів $Д_о$ та кодуючої логіки. На один з входів кожного з компараторів подається опорна напруга $U_{оп}$, що знімається з дільника (рис. 7).

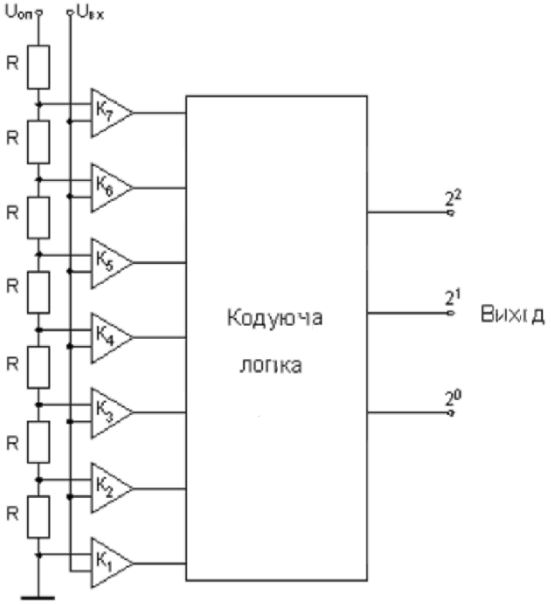


Рисунок 7 – Схема паралельного 3-х бітного АЦП

Інші входи компараторів з'єднані і на них подано вхідну напругу $U_{вх}$. В кожному компараторі вона порівнюється з опорним сигналом, яка знімається з вузлів резистивного дільника. Кількість можливих кодових комбінацій (а отже, кількість компараторів) рівна 2m-1, де m – число розрядів АЦП. АЦП прямого перетворення, порівняно з іншими типами АЦП, володіють найвищою швидкодією, що визначається швидкодією компараторів і затримками в логічному дешифраторі. Недоліком їх є необхідність великої кількості компараторів. Так, для 8-розрядного АЦП потрібно 255 компараторів. Це ускладнює реалізацію багаторозрядних (більше 6-8 розрядів) АЦП в інтегральному виконанні. Крім того, точність перетворення обмежується точністю і стабільністю кожного компаратора і резистивного дільника. Однак, на основі даного принципу будують найбільш швидкодійні АЦП з часом перетворення в межах десятків і навіть одиниць наносекунд, але обмеженої розрядності (не більше 8 розрядів).

АЦП послідовного наближення має дещо нижчу швидкодію, але істотно більшу розрядність (роздільну здатність). В ньому використовується лише один компаратор $Д_о$, максимальна кількість спрацювань якого за один цикл вимірювання не перевищує числа розрядів перетворювача (рис. 8). Суть такого методу перетворення полягає в послідовному порівнянні вхідної перетворюваної напруги $U_{вх}$ з вихідною напругою зразкового ЦАП, що змінюється за законом послідовного наближення до моменту настання їх рівності (з похибкою дискретності).

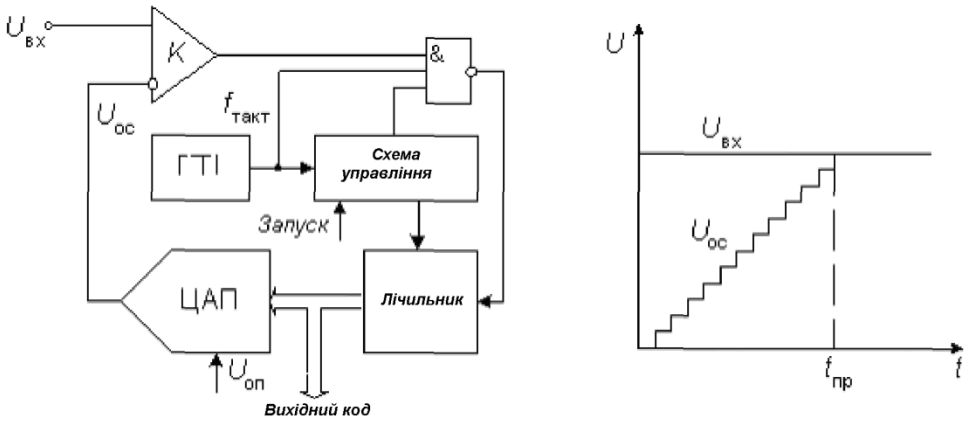


Рисунок 8 – Схема послідовного АЦП

Робота перетворювача починається з приходу імпульсу запуску, який включає лічильник, що рахує кількість імпульсів, що поступають від генератора тактових імпульсів ГТІ. Вихідний код лічильника подається на ЦАП, здійснюючий його перетворення в напругу зворотного зв'язку $U_{ос}$. Процес перетворення продовжується до тих пір, поки напруга зворотного зв'язку стане рівною вхідній напрузі і перемкнеться компаратор, який своїм вихідним сигналом припинить

надходження тактових імпульсів на лічильник. Перехід виходу компаратора з 1 в 0 означає завершення процесу перетворення. Вихідний код, який пропорційний вхідній напрузі у момент закінчення перетворення, зчитується з виходу лічильника.

Час перетворення АЦП цього типу є змінним і визначається вхідною напругою. Його максимальне значення відповідає максимальній вхідній напрузі і при розрядності двійкового лічильника N та частоті тактових імпульсів $f_{такт}$ рівні.

При роботі без пристрою вибірки/зберігання час перетворення надзвичайно сильно залежить від пульсацій вхідної напруги. Це означає, що АЦП даного типу без пристрою вибірки/зберігання придатні для роботи з постійними або незначно змінними напругами, які за час перетворення змінюються не більше, ніж на значення кванта перетворення. Перевагою даної схеми є можливість побудови багаторозрядних (вище 12 розрядів) перетворювачів порівняно високої швидкодії (час перетворення порядку становить декілька сотих наносекунди).

Паралельно-послідовні АЦП є комбінацією з малорозрядних паралельних АЦП, ЦАП, пристроїв вибірки/зберігання, операційних підсилювачів і т.д. Принцип роботи таких АЦП полягає в послідовному визначенні старших розрядів вхідної напруги за допомогою першого малорозрядного паралельного АЦП, формуванні різниці сигналу за допомогою ЦАП та операційного підсилювача, і визначення молодших розрядів за допомогою другого малорозрядного паралельного АЦП. Така побудова дозволяє зменшити кількість функціональних елементів в перетворювачі і отримати розрядність 12 біт на частотах 10 МГц. Основні недоліки – необхідність точної стиковки великої кількості лінійних вузлів та високі вимоги до точності і динамічних характеристик останніх.

Отже, паралельні АЦП дозволяють отримати максимальну швидкість (частоту) перетворення при низькій бітності, АЦП послідовного наближення навпаки при невеликих частотах дискретизації дозволяють найбільш точно виміряти амплітуду сигналу. На жаль, сумістити високу частоту і високу бітність перетворення не можливо. В даний час на ринку АЦП спостерігається практично експоненціальна залежність бітності від частоти дискретизації АЦП (рис. 9).

З погляду користувача основними параметрами систем вводу аналогових сигналів є:

- максимальна частота дискретизації (роздільна здатність за часом);
- розрядність (роздільна здатність за амплітудою);
- динамічний діапазон (рівень шумів перетворення);
- смуга пропускання;
- граничні амплітуди сигналу (рівні підсилення).

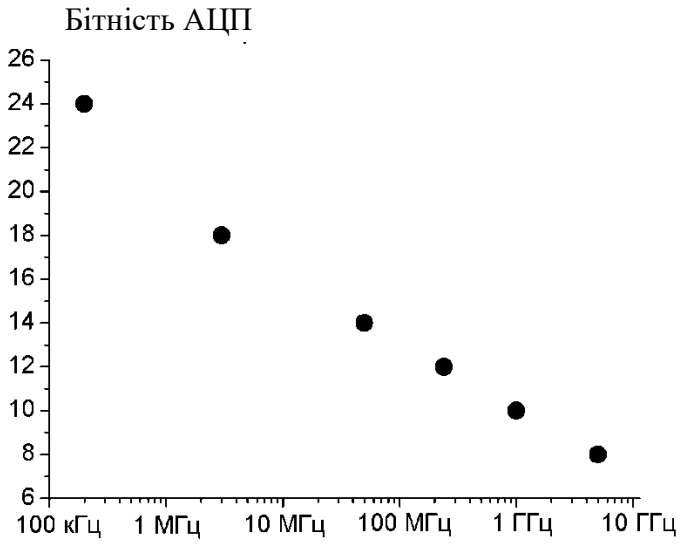


Рисунок 9 – Залежність максимальної розрядності від максимальної частоти дискретизації АЦП

Частота дискретизації – даний параметр визначає наскільки часто відбувається аналого-цифрове перетворення вхідного сигналу. Більш висока частота оцифровування дозволяє отримати більшу кількість відліків за однаковий період часу, тобто краще «описати» форму початкового сигналу.

Розрядність АЦП – це кількість бітів, що використовується АЦП для представлення аналогового сигналу в цифровому вигляді. Чим вище роздільна здатність АЦП, тим більша кількість інтервалів використовується для розбиття вхідного діапазону, і тим менше мінімальна зміна напруги, що вимірюється. На рисунку 10 наведена синусоїдна хвиля та відповідний їй цифровий образ, який отриманий за допомогою ідеального 3-бітного АЦП. Перетворювач з роздільною здатністю 3 біти (який насправді майже ніде не використовується, але є хорошим прикладом) ділить діапазон аналогового сигналу на 23-8 інтервалів.

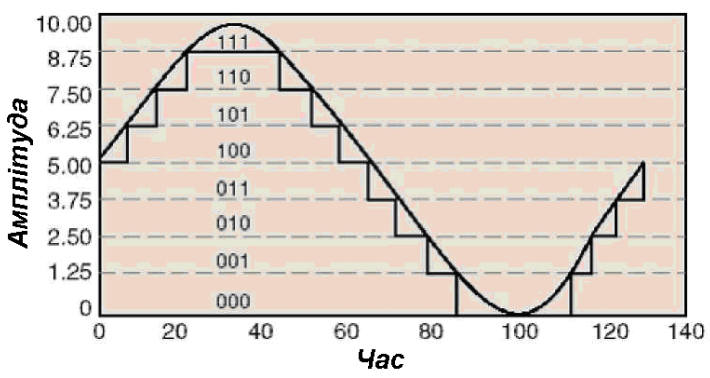


Рисунок 10 – Синусоїдна хвиля, що оцифрована з роздільною здатністю 3 біти

Кожний інтервал представляється двійковим числом між 000 і 111. Очевидно, що в даному випадку цифрове представлення не дуже добре відповідає початковому аналоговому сигналу, оскільки інформація при перетворенні була втрачена. Проте при збільшенні роздільної здатності до 16 бітів, кількість інтервалів вимірювання АЦП зростає з 8 до 65 536, що дозволяє одержувати дуже точне цифрове представлення аналогових сигналів за умови, що решта частини аналогового вхідного ланцюга спроектована без помилок.

Діапазон вимірювань – діапазон рівнів напруги вхідних сигналів, який здатний оцифрувати АЦП. В сучасній багатофункціональній платі збирання даних передбачена можливість настроювання діапазону вимірювань сигналів і, таким чином, працювати з сигналами різного рівня.

Ширина коду – діапазон вимірювань, роздільна здатність і підсилення пристрою збирання даних визначають мінімальну зміну сигналу, що вимірюється. Ця зміна напруги відповідає одному молодшому значущому розряду (МЗР) цифрового представлення сигналу і називається шириною коду. Ідеальна ширина коду знаходиться шляхом ділення діапазону вимірювань напруги на коефіцієнт підсилення та кількість інтервалів, на які може бути розбитий вхідний діапазон сигналу при його оцифровуванні (двійка, піднесена до степеня, який рівний величині роздільної здатності АЦП). Наприклад, плата збирання даних в 16-розрядних АЦП надає вибір між вхідними діапазонами сигналів 0-10 В та ±10 В і коефіцієнтами підсилення 1, 2, 5, 10, 20, 50 або 100. В діапазоні від 0 до 10 В і підсиленні 100, ідеальна ширина коду визначається наступним виразом: 10/(100*216) = 1,5 мкВ.

Іноді основні характеристики пристрою можуть вказувати на те, що пристрій збирання даних має 16-розрядний АЦП з частотою оцифровування 100 кГц, проте, можлива ситуація, коли всі 16 вхідних каналів не оцифровуватимуться з максимальними швидкістю і з роздільною здатністю. Наприклад, на ринку можна знайти пристрої з 16-розрядними АЦП ефективна роздільна здатність яких складає менше 12 біт. Для визначення того, чи даватиме прилад бажані результати, необхідно уважно вивчити специфікації, які пов’язані з реальною роздільною здатністю приладу.

Диференціальна нелінійність – в ідеалі, при збільшенні амплітуди сигналу, що подається на пристрій ЗД, цифрові значення, які видаються АЦП, також повинні лінійно зростати. В цьому випадку, залежність цифрового коду на виході ідеального АЦП від вхідної напруги буде лінійною. Відхилення реальної кривої від лінійної залежності характеризують нелінійність перетворювача. Диференціальна нелінійність характеризує максимальне відхилення ширини коду пристрою від ідеального значення, яке відповідає 1 МЗР. Ідеальний прилад володіє нульовою

диференціальною нелінійністю. В дійсності, диференціальна нелінійність хорошого пристрою ЗД рівна ±0,5 МЗР.

Верхньої межі для ширини коду не існує. Коди не можуть бути менше ніж 0 МЗР, тому диференціальна нелінійність завжди більше -1. Поганий пристрій ЗД може мати ширину коду рівну або близьку до нуля, що, по суті, є пропущеним значенням. В цьому випадку незалежно від того, що подається на вхід напруги, прилад не зможе оцифрувати напругу, що представляється цим значенням. Іноді диференціальну нелінійність визначають виразом: «у пристрою ЗД немає пропущених значень». Це означає, що диференціальна нелінійність обмежена знизу значенням -1 МЗР, а верхня межа не вказується.

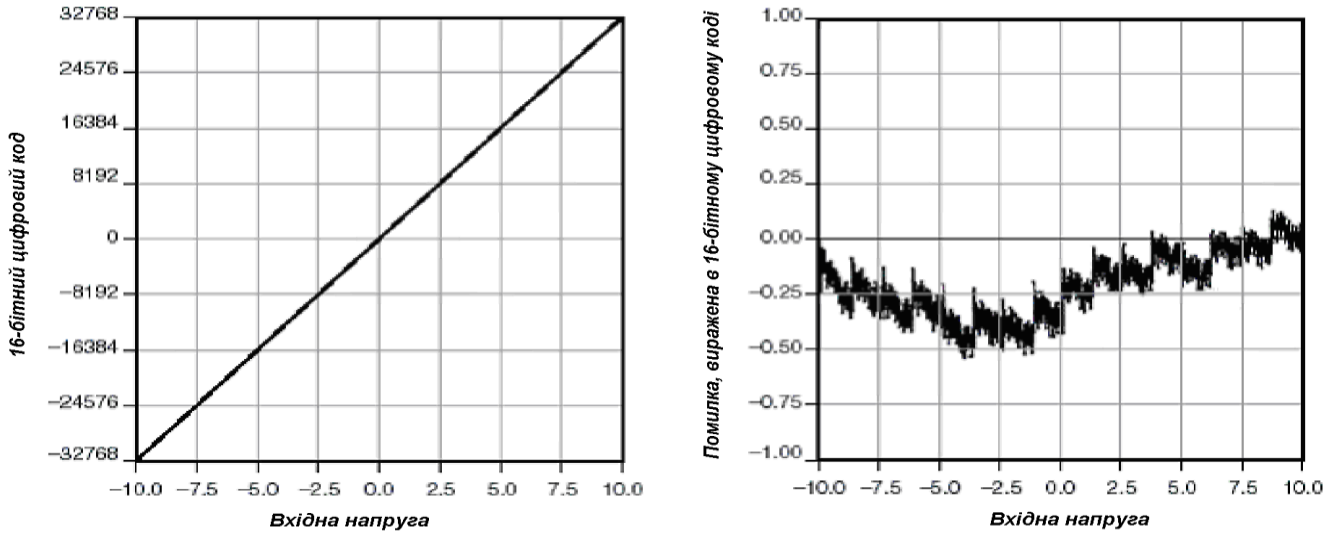
Якщо пристрій ЗД з попереднього прикладу, точність якого складає 1,5 мкВ, має пропущене значення трохи вище 500 мкВ, то збільшення напруги до 502 мкВ зафіксовано не буде. Прилад зафіксує зміну сигналу лише тоді, коли його амплітуда зросте ще на один МЗР, в даному випадку до 503 мкВ. Таким чином, велика диференціальна нелінійність зменшує роздільну здатність приладу.

Відносна точність – це виміряне найбільше відхилення МЗР від ідеальної передавальної функції приладу, тобто від прямої лінії. Для визначення відносної точності приладу потрібно подати на його вхід мінімальну напругу робочого діапазону, отримати оцифроване значення, збільшити вхідну напругу і т.д., до досягнення максимальної напруги діапазону. При відображенні виміряних точок у вигляді графіка повинна вийти приблизно пряма лінія, як показано на рисунку 11 (а). Проте при відніманні справжньої прямої лінії з цього графіка, виходить залежність наведена на рисунку 11(б). Максимальне відхилення від нуля є відносною точністю приладу.

Драйвери приладу збирання даних переводять двійковий код, що одержаний з АЦП, в напругу, множачи його на константу. Висока відносна точність пристрою ЗД, яка важлива для точного переведення двійкового коду в значення напруги, досягається правильним проектуванням АЦП і оточуючих його аналогових ланцюгів.

Шум – це непотрібні компоненти сигналу, що з’являються при оцифровуванні сигналу пристроєм ЗД. Оскільки ПК є достатньо шумним цифровим середовищем, то збирання даних на вбудовуваних в ПК пристроях вимагає від розробників ретельного прорахунку розташування елементів на багатошаровій платі. Якщо просто помістити АЦП, підсилювач і ланцюг управління шиною на одно- або двошаровій платі, то вийде дуже сильно шумлячий прилад. Для зменшення шуму в пристроях збирання даних розробники використовують методику екранування металом. Належне екранування повинне бути присутнє не

лише у чутливих аналогових частин приладу, але також вбудовуватися в «заземлюючі шари» плати.



а) б)

Рисунок 11 – Визначення відносної точності приладу DAQ:
а – майже лінійна залежність від вхідної напруги;
б – результат віднімання справжньої прямої лінії

На рисунку 12 наведений графік постійного шуму, який був отриманий за допомогою 16-бітної плати збирання даних при вхідному діапазоні сигналу ±10 В і підсиленні 10. Можна показати, що 1 МЗР = 31 мкВ, тобто рівень шуму 20 МЗР еквівалентний 620 мкВ шуму.

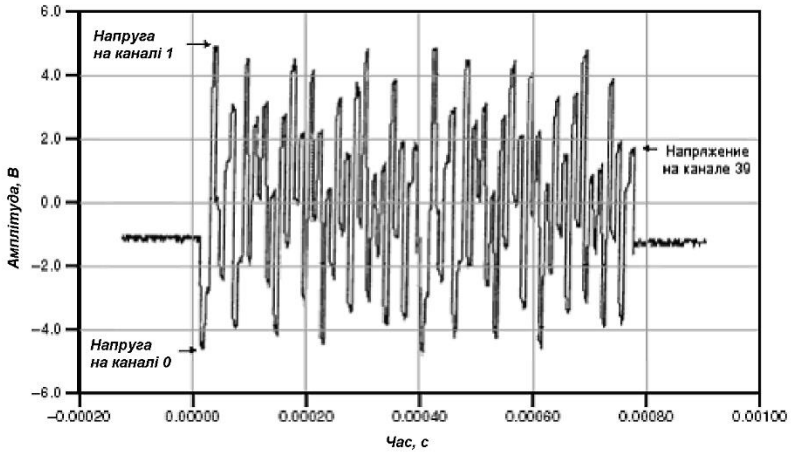
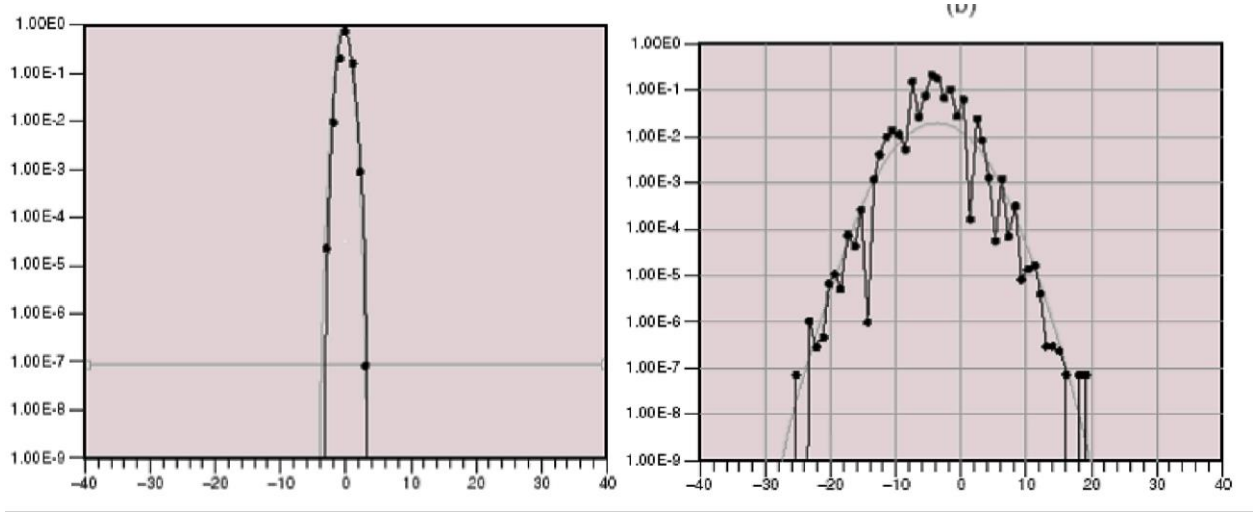


Рисунок 12 – Сигнал на вході вимірювального підсилювача, що мультиплексує 40 каналів з постійними сигналами, виявився високочастотним змінним сигналом

На рисунку 13 наведені графіки шуму двох пристроїв ЗД, в яких встановлені однакові АЦП. Два параметри пристрою ЗД можуть бути визначені з цих графіків – діапазон шуму і його роздільна здатність. Графік на рисунку 13(а), який був виміряний на приладі PCI-6030E компанії National Instruments, має щільний розподіл відліків на 0 і дуже мале число точок на інших кодах. Розподіл Гауса, який і повинен бути у випадкового шуму. З графіка видно, що пік шуму лежить в діапазоні ±3 МЗР. Графік на рисунку 13(b), виміряний на дуже шумному пристрої ЗД, має зовсім інший розподіл. Шум приладу складає більше 20 МЗР причому багато відліків лежать далеко від очікуваної величини.



а) б)

Рисунок 13 – Графіки шуму двох пристроїв ЗД з однаковими 16-бітними АЦП, але з істотно різними параметрами шуму:
а – відповідає приладу NI PCI-6030E;
б – пристрою ЗД виробництва іншої компанії

2.3 Дизерінг

Для вимірювання періодичного сигналу розроблена технологія підвищення точності перетворення. Цей метод заснований на додаванні в сигнал перед оцифровуванням білого шуму з дисперсією порядку МЗР. В результаті багатократного оцифровування періодичного сигналу з усереднюванням виходить більш гладка форма сигналу. Гіпотетично, можна істотним чином «збільшити» розрядність АЦП.

2.4 Вбудовані підсилювальні каскади

Для того, щоб максимально використовувати динамічний діапазон АЦП, в сучасній платі збирання даних перед АЦП використовується підсилювач з програмованим коефіцієнтом підсилення (рис. 6). Наприклад, плата NI PCI-6024E

дозволяє виставляти наступні коефіцієнти підсилення: 1, 2, 10 і 100. В той же час плата збирання даних NI PCI-6040E має істотно більш широкий діапазон: 1, 2, 4, 10, 20, 40, 100, 200. Остання плата дозволяє більш точно підібрати підсилення для оптимального використовування динамічного діапазону АЦП.

В середовищі LabVIEW необхідний коефіцієнт підсилення пристрою збирання даних встановлюється вказанням діапазону вимірювань величини: -10*10 В, -1*1 В – -0,1*0,1. Сучасні плати, як правило, дозволяють встановлювати різні діапазони вимірювань (коефіцієнти підсилення) для різних каналів навіть при роботі в режимі мультиплексування.

В той же час, при оцифровуванні декількох каналів з використанням мультиплексування, на великих швидкостях і при великому підсиленні, підсилювачу важко справлятися з великими перепадами напруги, які можуть виникнути при перемиканні мультиплексора на інший канал. Як правило, чим більше підсилення і чим менше час перемикання між каналами, тим менш ймовірно, що підсилювач швидко досягне стійкого режиму. Насправді, жоден з комерційно доступних підсилювачів з регульованим підсиленням не може досягти 12-бітної точності за час менше 2 мкс при коефіцієнті підсилення рівному 100.

2.5 Буферизоване збирання даних

При збиранні даних для тимчасового зберігання інформації використовується буфер FIFO (що працює за принципом «перший ввійшов – перший вийшов») на платі вводу/виводу та буферна пам’ять, яка розташовується в оперативній пам’яті комп’ютера. При вимірюванні сигналу дані спочатку з буфера FIFO пристрою поступають у вхідний буфер в пам’яті, а тоді передаються в додаток. Обмін даними між буфером комп’ютера і пристроєм відбувається переважно з використанням прямого доступу до пам’яті або переривань.

Буфер FIFO на платі збирання даних може мати об’єм від декількох десятків кілобайтів до десятків мегабайтів при необхідності отримання великої в часі вибірки даних в режимі реального часу.

Якщо об’єм буферної пам’яті на платі визначається апаратними характеристиками пристрою, то буфер в оперативній пам’яті можна створювати і регулювати його об’єм програмним чином.

Організація буфера в оперативній пам’яті визначається на основі типу вимірювання:

– режим однократного вимірювання – буфер не потрібен;

– режим кінцевої вибірки – розмір буфера рівний об’єму одержаних даних;

– режим безперервного збирання даних – використовується кільцевий буфер, розмір якого визначається швидкістю оцифровування даних і кількістю каналів.

Найцікавіша ситуація простежується при використовуванні кільцевого буфера. Після початку перетворення дані починають переписуватися з буфера FIFO пристрою в кільцевий буфер. При заповненні останнього дані продовжують записуватися з початку буфера, перезаписуючи інформацію, що там міститься. Таким чином, можлива ситуація, коли додаток не встигатиме зчитувати дані з буфера, що приведе до часткової втрати даних. Отже, при організації безперервного збирання даних необхідно відстежувати положення міток заповнення і зчитування кільцевого буфера.

При завершенні збирання даних буферна пам’ять звільняється.

2.6 Багатоканальне збирання даних: мультиплексування, одночасність

Припустимо, задача полягає в одночасному оцифровуванні декількох сигналів. Оцифровування даних може проводитися декількома АЦП одночасно або одним АЦП в режимі мультиплексування (рис. 14). В цьому режимі АЦП спочатку оцифровує один канал, тоді перемикається на другий, третій і т.д.

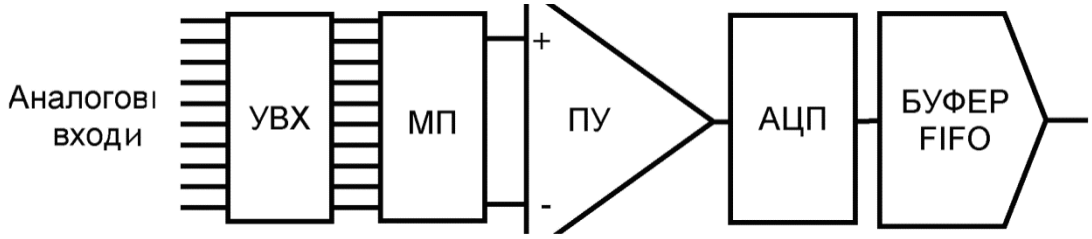


Рисунок 14 – Схема багатоканального вводу аналогових даних:
ПВЗ – пристрій вибірки/зберігання, МП – мультиплексор

Природно, варіант використовування декількох АЦП – кожний на свій канал даних – є переважаючим. Недоліками такого підходу є висока вартість обладнання і неможливість створення відносно компактного пристрою з великим числом каналів аналогового вводу. Як правило, максимальна кількість каналів обмежується чотирма, а звичайно – одним або двома каналами.

Варіант використання одного АЦП і мультиплексора перед ним, який комутує підключення каналів, крім переваг у вигляді помірної вартості має ряд недоліків:

– максимальна частота оцифровування кожного з кількох каналів зменшується майже пропорційно кількості каналів.

– важко організувати одночасне збирання даних, оскільки є час оцифровування кожного каналу, а обробка даних в АЦП відбувається послідовно. Як наслідок сигнали на різних входах оцифровуються із зсувом за часом. Проблема може бути вирішена за допомогою використанням аналогового пристрою

вибірки/зберігання (ПВЗ) перед мультиплексором, в який одночасно поміщається значення всіх каналів. Можливий взаємний вплив каналів при оцифровуванні по суміжних каналах сигналів з дуже (на два і більше порядків) відмінною амплітудою внаслідок ефекту залишкового заряду на конденсаторах мультиплексора. Рішення проблеми – оцифровування каналів через один заземлювач, що використовується для стікання заряду, але при цьому частота оцифровування зменшиться. Інший варіант – зменшення частоти дискретизації сигналу, що збільшить час, який необхідний для розрядки конденсаторів.

Аналогічно, при великій відмінності амплітуд сигналів суміжних каналів, усунути їх взаємний вплив можна і за допомогою операційного підсилювача, оскільки при перемиканні на інший канал з малим сигналом істотно збільшується коефіцієнт підсилення підсилювача. Рішення проблеми повністю аналогічне попередньому випадку.

2.7 Типи і характеристики ЦАП

Існує декілька різних класифікацій ЦАП: за способом формування вихідного сигналу (підсумовування напруг або струмів, розподіл напруг), за типом сигналу (струмовий вихід або напруга), за полярністю вихідного сигналу (уніполярний, біполярний) і т.д.

ЦАП, наведений на рисунку 15, називається ЦАП з множенням напруги джерела. В ЦАП з множенням напруги джерела використовується еталонна напруга, яка підключається, або відключається під впливом цифрових даних. Перетворювач називається «з множенням напруги джерела», тому що він множить значення напруги джерела на певну величину підсилення.

Така схема побудови АЦП має істотний недолік: число різних номіналів резисторів повинне бути рівне числу бітів ЦАП. Проте, існує можливість побудови багатобітного ЦАП і з використанням всього лише двох резисторів. Так будуються звичайно 8-, 12- і 16-бітні ЦАП (останні – у високоякісній апаратурі).

Оскільки число різних рівнів напруги на виході ЦАП обмежене, то сигнал на виході буде східчастим, так само, як і при дискретизації. Подібний східчастий ефект є спотворенням, яке необхідно усунути до того, як аналоговий сигнал використовуватиметься. Для усунення цього ефекту застосовують низькочастотні згладжуючі фільтри (які іноді плутають з антиелайзинговими фільтрами, що застосовуються в АЦП). Подібні фільтри стоять і в звуковій платі персональних комп’ютерів. Їх призначення, чесно кажучи, не дуже-то зрозуміле.

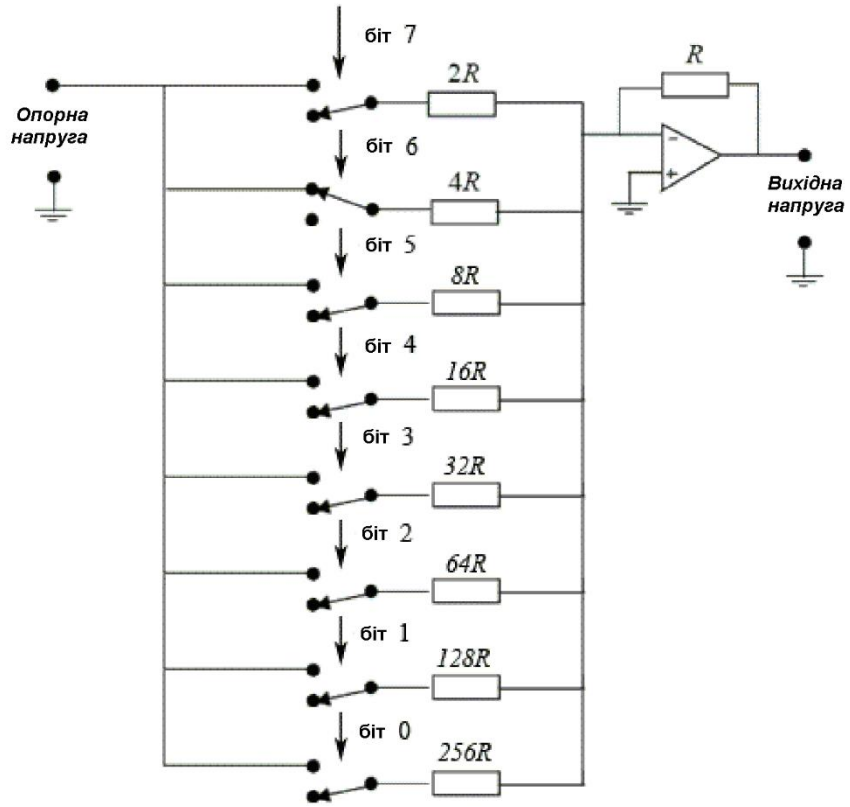


Рисунок 15 – Структурна схема типового 8-бітного ЦАП

Дуже висока швидкість надходження даних в ЦАП може викликати так званий гліч-ефект, або появу викидів у вихідному сигналі. Він пояснюється тим, що біти на вході не змінюються точно в один і той же момент. Розглянемо для прикладу чотирьохбітний ЦАП, в якому вхідний відлік змінюється з 0111 в 1000. Якщо старший біт «проходить» через більш швидку логіку, ніж інші, то вихід ЦАП буде еквівалентний вхідній послідовності 0111-1111-1000, тобто в ній спостерігатиметься викид. Для боротьби з цим ефектом застосовують схему стабілізації вихідної напруги, яка підтримує її постійною до того моменту, як всі ключі «спрацюють».

Якість вихідного сигналу визначається декількома характеристиками цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП): часом встановлення, швидкістю наростання вихідної напруги і вихідною роздільною здатністю.

Час встановлення – цей час, який необхідний для встановлення із заданою точністю на аналоговому виході пристрою сигналу певної величини. Час встановлення звичайно вказується для зміни величини вихідної напруги від мінімального до максимального значення.

Швидкість наростання вихідної напруги – це максимальна швидкість зміни вихідного сигналу, яку може досягти ЦАП. Час встановлення і швидкість наростання вихідної напруги визначають як швидко ЦАП може змінити амплітуду

вихідного сигналу. Таким чином, ЦАП з малим часом встановлення і з високою швидкістю наростання може генерувати високочастотні сигнали, оскільки на зміну рівня вихідної напруги із заданою точністю йому вимагається менше часу.

Прикладом додатку, де потрібні хороші вище згадані параметри, є задача генерації високочастотних акустичних сигналів. З іншого боку, в джерелі напруги для управління нагрівальним елементом швидкого цифро-аналогового перетворення не вимагається, оскільки температура не зможе дуже швидко реагувати на вимірювання напруги.

Вихідна роздільна здатність – як і у випадку аналогового вводу, даний параметр визначає кількість розрядів в цифровому коді, який використовується для генерації аналогового сигналу. Чим вище розрядність ЦАП, тим менший інкремент напруги, і тим більш гладкий сигнал виходить на виході генератора. В додатках, в яких потрібен широкий динамічний діапазон з малим інкрементом напруги для вихідного аналогового сигналу, слід використовувати ЦАП з високою роздільною здатністю.

2.8 Буферизований вивід даних

При генерації сигналу, аналогічно процесу оцифровування, використовуються програмний буфер в оперативній пам’яті та буфер FIFO в пристрої виводу даних. При цьому спочатку дані з додатку поміщаються в буфер комп’ютера, а тоді передаються в пристрій.

Так само, як і у разі вводу аналогових даних, розмір буфера визначається залежно від режиму генерації: однократний, кінцева вибірка і безперервна генерація. При використовуванні кільцевого буфера в режимі безперервної генерації можлива ситуація, коли швидкість запису в буфер і об’єм даних перевищують швидкість їх передачі в буфер FIFO і розмір буфера – як результат, не виведені дані будуть переписані. В цьому випадку можливо поява глітча (glitch) – збою генерації даних, при якому генеруються частково старі дані і частково нові. Способи боротьби з такими проблемами – збільшення розміру буфера і зменшення швидкості виводу даних.

2.9 Синхронізація

В багатьох додатках початок і припинення збирання даних слід здійснювати на основі будь-якої зовнішньої події. Цифрові тригери служать для синхронізації процедур збирання даних і генерації сигналів із зовнішніми цифровими імпульсами. Аналогові тригери, що використовуються в основному в операціях аналогового вводу, запускають і зупиняють операції збирання даних при досягненні вхідним сигналом певного аналогового рівня напруги при заданій

полярності. Необхідно мати на увазі, що не всі системи збирання даних мають вхід аналогової синхронізації, а цифровий синхровхід присутній майже завжди.

Часто виникає питання жорсткої синхронізації збирання/виводу даних декількома платами, що знаходиться в одному комп'ютері. При необхідності синхронізації систем в режимі реального часу не можна використовувати програмні методи, в тому числі з використанням переривань. Рішення повинно бути повністю апаратним.

Найпростіше рішення – запуск збирання даних на основі зовнішнього аналогового імпульсу, який одночасно подається на лінії синхронізації на всі плати. Якщо початок збирання даних визначається не зовнішніми, а внутрішніми умовами, то найоптимальнішим варіантом є використовування додаткової шини синхронізації між модулями. Це рішення давно успішно використовується в промислових системах збирання даних таких як, CAMAC, VXI, PXI та інші.

В сегменті обладнання збирання даних, що встановлюється в ПК, цікаве рішення запропонувала корпорація National Instruments – шину RTSI (Real-time System Integration Bus – шина реального часу для системної інтеграції). В шині RTSI використовуються вентильні матриці і плоский кабель для передачі сигналів синхронізації між різними модулями, що розташовані на одній платі збирання даних або між двома або кількома платами. Шина RTSI дозволяє синхронізувати цифро-аналогові і аналого-цифрові перетворення, цифровий ввід/вивід та операції з лічильниками/таймерами. Наприклад, за допомогою цієї шини можна примусити дві плати аналогового вводу одночасно оцифровувати дані, тоді як третій пристрій генерує сигнал, який синхронізований з частотою оцифровування входів. В програмному забезпеченні NI-DAQ включені спеціальні функції, які дозволяють автоматично надбудувати маршрутизацію сигналів в одному пристрої або між декількома пристроями. Шину RTSI можна також використовувати для синхронізації приладів управління рухом, технічного зору і приладів CAN, а також інших пристроїв.

ТЕМА 3 ВВІД-ВИВІД ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ

3.1 Асинхронний ввід/вивід цифрових сигналів: лінія, порт

В комп'ютерних системах збирання даних цифрові інтерфейси часто використовуються для управління процесами генерації сигналів, для тестування і для взаємодії з периферійним устаткуванням. Цифрові лінії, які можуть бути конфігуровані як на ввід, так і на вивід даних, об'єднуються в порти по 8 ліній.

Якщо цифрові лінії використовуються для управління такими процесами як ввімкнення/вимкнення нагрівальних елементів, двигунів або ламп, то висока

швидкість передачі даних, як правило, не потрібна, оскільки таке обладнання працює повільно. В цьому випадку достатньо використовувати можливості асинхронного вводу/виводу цифрових даних, коли зміна станів ліній і портів відбувається програмним способом без використовування буфера даних. Внаслідок простої апаратної реалізації даних пристроїв, при великій кількості керованих цифрових ліній вартість їх невисока (наприклад, випускається PCI плата з 96 лініями).

При використанні відповідних модулів узгодження цифрових сигналів можна використовувати слабкострумові ТТЛ сигнали систем збирання даних для спостереження/управління сигналами високої напруги або струму в промислових установках або для управління зовнішніми реле. Наприклад, напруга, що потрібна для відкриття або закриття великого клапана може складати приблизно 100 В при змінному струмі з амплітудою 2 А. Оскільки вихід приладу цифрового вводу/виводу дає від 0 до 5 В при постійному струмі в декілька міліамперів, то для створення сигналу управління клапаном потрібно використовувати модуль узгодження сигналів.

3.2 Синхронний ввід/вивід цифрових масивів

Цифровий ввід/вивід часто використовується для передачі даних між комп'ютером і різним обладнанням, наприклад, мікроконтролерними системами, пристроями обробки даних і принтерами. У всіх цих задачах важливими параметрами є не лише кількість доступних цифрових ліній, але і їх пропускна здатність, швидкість зчитування та запису даних.

Як правило, в таких випадках необхідно передавати і приймати масиви цифрових даних, що синхронізовані за часом. Наприклад, при обміні даними з периферійним пристроєм по шині I2C швидкість передачі цифрових сигналів може досягати 400 кГц, що не дозволяє використовувати плати з асинхронним вводом/виводом даних. Для вирішення подібних задач випускається плата синхронного вводу/виводу цифрових масивів. Такі системи, подібно до систем збирання/генерації аналогових сигналів, мають на платі буфер даних FIFO. При конфігурації порту або лінії необхідно вказувати частоту виводу цифрового масиву, що подається на них. В даний час доступна подібна плата з максимальною частотою вводу/виводу цифрових масивів до 100 МГц.

3.3 Основні характеристики лічильників/таймерів

Лічильники/таймери використовуються в багатьох додатках, в тому числі для підрахунку цифрових подій, цифрових імпульсних тактів, генерації меандрів та

імпульсів. Найважливішими характеристиками лічильників/таймерів є роздільна здатність і максимальна тактова частота.

Роздільна здатність – це число розрядів лічильника, яке визначає, до якого максимального значення він може рахувати. Стандартні сучасні лічильники мають 16-32 розряди. Тактова частота визначає максимальну швидкість, з якою можна перемикати цифровий вхід джерела. При більшій тактовій частоті лічильник рахує швидше і, таким чином, може фіксувати більш високочастотні сигнали на вході та генерувати більш високочастотні імпульси і меандри на виході. Наприклад, лічильник/таймер DAQ-STC, що використовується в платі NI PCI-6040E (рис. 16), мають 24-бітові лічильники з тактовою частотою 20 МГц. Лічильник/таймер NI-TIO, що використовується на приладах NI 660x, мають вісім 32-бітні лічильники з максимальною тактовою частотою 80 МГц.

Окрім цього, бувають реверсивні лічильники/таймери, які можуть рахувати в прямому або зворотному напрямку залежно від рівня додаткових зовнішніх цифрових сигналів. Такі лічильники можуть використовуватися для визначення положення за допомогою обертальних і лінійних енкодерів. Інші спеціальні функції включають генерацію буферизованої послідовності імпульсів, синхронізацію для еквівалентних тимчасових вибірок, створення відносних тимчасових міток і миттєву зміну швидкості оцифровування.

В загальному випадку лічильник/таймер (рис. 16) є логічним пристроєм з регістром, що зберігає поточне значення, і трьома і більше входами/виходами: стробу, джерела, виходу і ін.

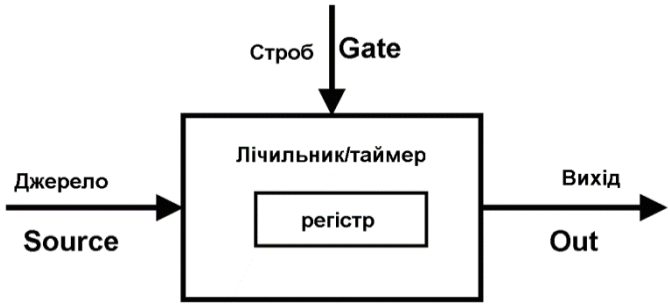


Рисунок 16 – Стандартний вид лічильника/таймера

Строб – цифровий вхід, що використовується для ввімкнення і вимкнення лічильника.

Джерело – цифровий вхід, при перемиканні якого лічильник збільшує своє значення. Таким чином, цей цифровий вхід забезпечує тимчасову розгортку для операцій з лічильником.

Вихід – генерує цифрові меандри та імпульси на лінії виводу.

Розглянемо основні режими роботи лічильників.

3.4 Генерація цифрових сигналів

Лічильники дозволяють здійснювати генерацію цифрових імпульсів з регульованою частотою (періодом) і шпаруватістю (тривалістю). При цьому розрізняють три режими роботи лічильників:

– генерація одиночного імпульсу;
– генерація циклічних імпульсів;
– безперервна генерація імпульсів.

Розглянемо роботу лічильника в режимі генерації одиночного імпульсу. Хай імпульс повинен мати тривалість стану «1» – t_1 і стану «0» – t_2. Окрім цього є вбудований в плату збирання даних або зовнішній генератор опорної частоти f_o. Тоді тривалість стану «1» імпульсу, що генерується, в кількості імпульсів опорної частоти буде t_1*f_o.

Для роботи лічильника в режимі генератора на вхід лічильника ДЖЕРЕЛО подаються імпульси відомої опорної частоти, в регістр лічильника записується число t_1*f_o, і лічильник запускається в режимі зворотного рахунку імпульсів опорної частоти. При обнуленні значення регістра лічильника на ВИХОДІ лічильника стан «1» змінюється на «0», далі в регістр лічильника записується значення t_2*f_o та відбувається формування стану «0» імпульсу необхідної тривалості.

В режимі безперервної генерації імпульсів в регістр лічильника періодично записуються значення тривалості імпульсів «1» і «0». Причому, ці тривалості можна змінювати в процесі генерації, що дозволяє здійснювати широтно-імпульсну модуляцію цифрового сигналу.

Генерація кінцевих циклічних імпульсів вимагає використовування двох лічильників. При цьому перший лічильник використовується для формування імпульсу, що рівний тривалості всього циклу. Далі сигнал з ВИХОДУ першого лічильника поступає на вхід СТРОБ другого лічильника і визначає початок та кінець генерації послідовних імпульсів.

3.5 Підрахунок імпульсів, вимірювання їх параметрів

В режимі вимірювання кількості імпульсів лічильник рахує активні фронти імпульсного сигналу, що поступають на вхід лічильника ДЖЕРЕЛО. В якості активних можуть бути як зростаючі, так і спадаючі фронти імпульсів. Вхід СТРОБ використовується для управління запуском і зупинкою лічби. В деяких випадках можлива настройка лічильника на режим зворотного рахунку імпульсів. Стан регістра лічильника може бути обрахований в процесі його роботи. Досягши

максимального значення лічильника регістр з поточним станом лічильника обнуляється, і лічба йде спочатку.

Цікавим варіантом використовування лічильників є точне вимірювання часу. В даному випадку лічильник підраховує кількість імпульсів відомої опорної частоти. В результаті при використовуванні 32-бітного лічильника та опорної частоти 100 МГц можна виміряти час до 43 секунд з точністю до 10 нс.

При вимірюванні періоду і тривалості імпульсів імпульси відомої опорної частоти подаються на вхід лічильника ДЖЕРЕЛО, а імпульси, що вимірюються – на вхід СТРОБ. В цьому випадку лічильник підраховує кількість імпульсів опорної частоти, які доводяться на момент між двома послідовними передніми (або будь-ким) фронтами імпульсів, що вимірюються. Оскільки опорна частота відома, то відбувається перерахунок кількості імпульсів в період (тривалість) імпульсу. Для найкращої точності вимірювання необхідно підбирати опорну частоту відповідно до тривалості імпульсів.

Якщо плата збирання даних має два і більше лічильника, то вимірювання періоду або частоти можна проводити з використанням декількох лічильників, що дозволяє підвищити точність та розширити діапазон вимірювань.

ТЕМА 4 ДАТЧИКИ І ПРИСТРОЇ УЗГОДЖЕННЯ СИГНАЛІВ

4.1 Типи датчиків фізичних величин

Датчики випробовують на собі вплив якогось фізичного явища і генерують електричні сигнали, що вимірюються системою збирання даних. Наприклад, термопари, терморезистори, термістори і датчики на інтегральних мікросхемах перетворюють температуру в аналоговий сигнал, який може бути виміряний за допомогою АЦП. Також можна навести в якості прикладу датчики деформацій, датчики потоку і датчики тиску, які виміряють силу, швидкість потоку і тиск відповідно (табл. 2).

Електричний сигнал, що генерується, пропорційний фізичній величині, що вимірюється.

Різні датчики потребують особливих умовах для перетворення фізичного явища у вимірюваний сигнал. Наприклад, для вимірювання температури за допомогою терморезистора необхідний струм збудження. Термопара не вимагає струму збудження, проте їй потрібна компенсація холодного спаю. При вимірюванні деформації тензодатчиками використовують збірку резисторів, яка називається мостом Уїтстона (або тензометричним мостом). Перед установкою системи необхідно знати, чи має перетворювач, що використовується, будь-які спеціальні вимоги.

Таблиця 2 – Типи перетворювачів

Явище	Перетворювач
Температура	Термопари Термочутливі опори (терморезистори) Термістори Датчики на інтегральних схемах
Світло	ФЕП Фоторезистори Фотодіоди Прилади із зарядним зв’язком (ПЗЗ)
Звук	Мікрофони
Сила і тиск	Тензодатчики П’єзоелектричні вимірювальні перетворювачі
Положення (зсув)	Потенціометри Лінійні індуктивні датчики на основі диференціального трансформатора Оптичні датчики положення
Витрата рідини	Манометри-витратоміри Обертові витратоміри Ультразвукові витратоміри
Кислотність	pH електроди
Магнітне поле	Датчик Хола

4.2 Типи систем узгодження сигналів

Рівень електричного сигналу, що створюється датчиками повинен бути приведений до вхідного діапазону приладу збирання даних. Модулі узгодження сигналу для більш точних вимірювань підсилюють сигнали низького рівня, а тоді ізолюють та фільтрують їх. Крім того, для генерації сигналу на деяких датчиках використовується живлення за струмом або напругою. На рисунку 17 наведена типова система збирання даних разом з модулями узгодження сигналу SCXI компанії National Instruments.



Рисунок 17 – Система NI SCXI попереднього узгодження сигналу для вбудовуваних пристроїв збирання даних

Модулі узгодження сигналів можуть бути використані в різних задачах (рис. 18).



Рисунок 18 – Модулі узгодження сигналів

Підсилення – найпоширеніший тип узгодження сигналів. Наприклад, для збільшення роздільної здатності і зменшення шуму слабкі сигнали від термопари слід підсилювати. Для досягнення найбільшої точності максимальний діапазон напруги в підсиленому сигналі повинен дорівнювати максимальному вхідному діапазону АЦП.

Припустимо, що система узгодження сигналів складається з декількох модулів узгодження сигналу, які підсилюють лише слабкі вхідні сигнали. Сама система знаходиться біля датчиків і посилає в ПК лише підсилені сигнали, таким чином, зменшується шум при вимірюваннях.

Ізоляція – ще один досить поширений тип узгодження. Електрична ізоляція сигналу датчика від комп'ютера необхідна з міркувань безпеки. В системі, в якій проводяться вимірювання, можуть проходити високовольтні перехідні процеси, які потенційно небезпечні для комп'ютера без модулів узгодження.

Додаткова причина, за якою варто застосовувати розв'язку сигналів, криється в різниці потенціалів «землі» і синфазних напруг. Коли вхід пристрою ЗД і сигнал, що вимірюється, вимірюються відносно потенціалу «землі», то при відмінності потенціалів цих двох «земель» виникатимуть проблеми. Це приведе до ефекту паразитного контуру із замиканням через землю, який може бути причиною некоректних вимірювань або навіть виходу з ладу вимірювальної системи, якщо різниця потенціалів дуже велика. Використання модулів узгодження з розв'язкою сигналу усуває контури заземлення і забезпечує коректне вимірювання сигналу.

Фільтрація – значення цієї операції полягає у видаленні непотрібних складових з сигналу, що вимірюється. Шумовий фільтр використовується для квазіпостійних сигналів, таких як температура, для усунення високочастотних складових, які зменшують точність вимірювань.

В загальному випадку існують низькочастотні (high-pass), високочастотні (low-pass) і смугові (band-pass) фільтри. Найпростішим прикладом апаратної реалізації фільтрів низьких або високих частот є RC-ланцюг. Частота зрізу фільтрів рівна

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}.$$

Для змінних сигналів, таких як вібрації, слід застосовувати інший тип фільтрів, а саме антиаліазингові фільтри (фільтр захисту від накладення спектрів). Подібно шумовим фільтрам, антиаліазингові фільтри є фільтрами низьких частот, проте вони володіють дуже різкими межами в спектральному представленні, що дозволяє повністю усунути всі частоти в сигналі, які більше вхідної смуги частот приладу. Якщо ці складові не видаляти, то вони дадуть помилковий сигнал в смузі пропускання приладу.

Живлення – модулі узгодження також забезпечують живлення для деяких типів датчиків, таких як датчики деформацій, термістори і терморезистори. При вимірюваннях за допомогою терморезисторів, як правило, необхідне джерело струму, яке перетворить зміни опору в напругу, що виміряється. Датчики деформації мають дуже малий опір і звичайно використовуються в конфігурації моста Уїтстона і в поєднанні з джерелом напруги для живлення.

Лінеаризація – ще один спосіб узгодження сигналу. Багато датчиків, такі як термопари, мають нелінійний відгук на зміни фізичної величини, що виміряється. Програмні продукти компанії National Instruments NI-DAQ, LabVIEW і

Measurement Studio містять стандартні процедури для лінеаризації термопар, датчиків деформації і терморезисторів.

Слід чітко розуміти природу сигналу, що вимірюється, та конфігурацію, в якій проводяться вимірювання і вплив, який може надавати навколишнє середовище. Ґрунтуючись на цій інформації, можна визначити, чи потрібно використовувати модулі узгодження сигналу в даній системі збирання даних, чи ні.

4.3 Методи підключення сигналів. Джерела сигналу «заземлені» і з «плаваючою землею»

Заземленим джерелом сигналу називається таке, в якою напруга вимірюється відносно потенціалу системної «землі», в якості якої може виступати земля або будівля, як показано на рисунку 19.

Такі джерела сигналу та вимірювальний пристрій спільно використовують «землю», оскільки приєднані до системної «землі». Найпоширенішими прикладами заземлених джерел є пристрої, такі як генератори сигналів і джерела живлення, які з'єднані з будівлею через настінні розетки.

Необхідно мати на увазі, що «землі» двох незалежно заземлених джерел сигналу в загальному випадку не володіють одним і тим же потенціалом. Відмінність між потенціалами заземлення двох приладів, приєднаних до однієї системи заземлення в будівлі, досягає звичайно 10-200 мВ. Різниця може бути і більша, якщо розводки електропостачання неправильно з'єднані. Це служить причиною явища, відомого як паразитний контур із замиканням через «землю».

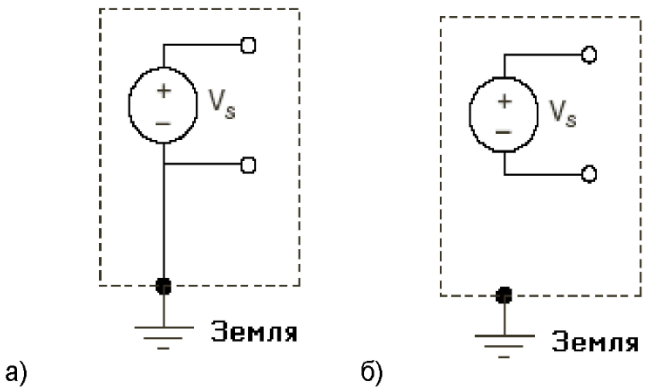


Рисунок 19 – Джерела сигналу: а) «заземлене», б) з «плаваючою землею»

В джерелі з «плаваючою землею» сигналу напруга не відлічується від будь-якого загального заземлення (земля або будівля) (рис. 19).

Деякими поширеними прикладами джерела сигналу з «плаваючою землею» можуть бути батареї, термопари, трансформатори та ізольовані підсилювачі.

Дивлячись на рис. 19,б джерела сигналу з «плаваючою землею», відзначимо, що жоден контакт джерела не приєднаний до заземлення в розетці живлення, як на рис 19,а заземленого джерела сигналу. Кожний контакт незалежний від системної «землі».

4.4 Типи вимірювальних схем: диференціальне підключення, підключення із загальним заземленим і незаземленим провідником

Найпоширеніший електричний сигнал, що згенерований схемою узгодження, з'єднаною з вимірювальним перетворювачем, є сигналом за напругою. Трансформація інших електричних явищ, таких як струм і частота може зустрітися у випадках, коли сигнал передається по дуже довгому кабелю в складному навколишньому середовищі. Насправді, завжди перед вимірюванням, трансформований сигнал перетвориться знову в сигнал за напругою. Тому важливо розібратися з таким типом джерел сигналів.

Сигнал за напругою вимірюється як різниця потенціалів між двома точками. Настройка вимірювальної системи здійснюється відповідно до того, яке обладнання використовується, і який тип вимірювання застосовується.

4.5 Диференційна вимірювальна система

Диференційні вимірювальні системи схожі на джерела сигналу з «плаваючою землею»: вимірювання проводяться по відношенню до «плаваючого заземлення», яке відмінне від заземлення вимірювальної системи. Жоден з входів диференційної вимірювальної системи не пов'язаний з фіксованим опорним потенціалом таких систем, як земля або будівля. Портативні прилади з живленням від батарей і DAQ пристрою з інструментальними підсилювачами – приклади диференційних вимірювальних систем.

Стандартні пристрої компанії National Instruments реалізують восьмиканальну диференційну вимірювальну систему (рис. 20). Використання мультиплексора і лише одного інструментального підсилювача в тракті проходження аналогового сигналу дозволяє збільшити число каналів вимірювання. Контакт AIGND (analog input ground – заземлення аналогового вводу) позначає заземлення вимірювальної системи.

Ідеальна диференційна вимірювальна система реагує лише на різницю потенціалів між двома її входами (терміналами) – позитивним (+) і негативним (-).

Синфазною напругою називається напруга, що виміряна по відношенню до заземлення інструментального підсилювача, яке присутнє на обох входах підсилювача.

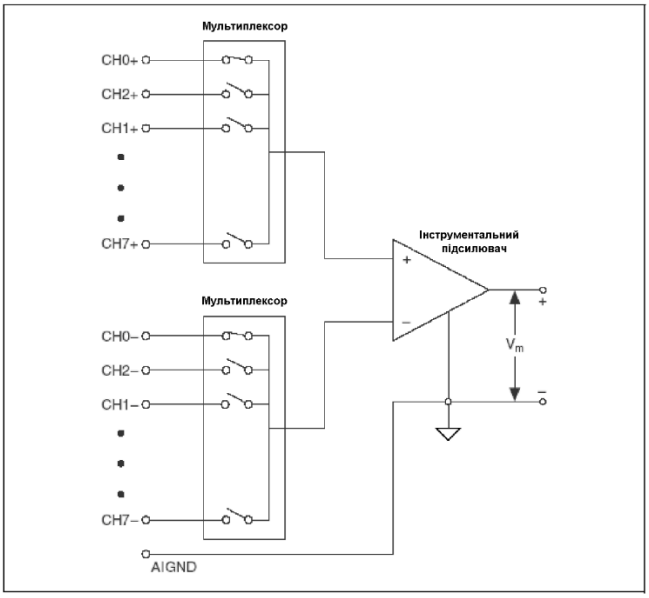


Рисунок 20 – Диференційна вимірювальна система

Ідеальна диференційна вимірювальна система не вимірює (пригнічує) синфазну напругу. Усунення синфазної напруги корисне, оскільки небажані перешкоди і шуми часто вносяться як синфазна напруга в контур, який утворений кабельною розводкою вимірювальної системи.

Проте, ряд чинників, таких як діапазон синфазної напруги і коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу (КОСС), обмежують можливість усунення синфазної напруги реальною диференційною вимірювальною системою.

4.6 Синфазна напруга

Діапазон синфазної напруги обмежує дозволену для кожного з входів максимальну напругу відносно заземлення вимірювальної системи. Невраховування цього обмеженням приводить не лише до помилки вимірювання, але й може привести до пошкодження компонентів пристрою. Наступне рівняння є визначенням синфазної напруги

$$Vсф = (V+ + V-)/2$$

де $V+$ – напруга на неінвертуючому вході вимірювальної системи по відношенню до її заземлення,

V – напруга на інвертуючому вході вимірювальної системи по відношенню до її заземлення.

4.7 Вимірювальні системи із загальним заземленим і незаземленим провідником

Вимірювальні системи із загальним заземленим і незаземленим провідником схожі на заземлені джерела сигналу, де вимірювання проводяться по відношенню

до заземлення. Вимірювальна система із загальним заземленим провідником (referenced single-ended – RSE) вимірює напругу по відношенню до заземлення інструментального підсилювача, AI GND, який безпосередньо з'єднаний із заземленням самої вимірювальної системи. На рисунку 21 наведена восьмиканальна вимірювальна система із загальним заземленим провідником.

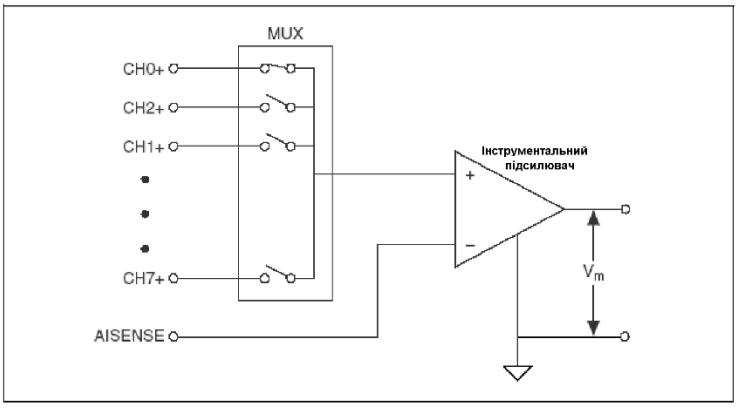


Рисунок 21 – Восьмиканальна вимірювальна система із загальним заземленим провідником

В пристроях збирання даних часто використовують техніку вимірювань із загальним незаземленим провідником (non-referenced single-ended – NRSE) або, по-іншому, псевдодиференційних вимірювань, яка є одним із варіантів техніки вимірювань із загальним заземленим провідником (рис. 22).

В NRSE вимірювальній системі всі вимірювання проводяться по відношенню до загального провідника аналогового вводу (AISENSE в пристроях E-серії), проте потенціал цього провідника може змінюватися відносно заземлення вимірювальної системи (AI GND). Одноканальна вимірювальна система із загальним незаземленим провідником працює так само, як одноканальна диференційна вимірювальна система.

Для приладів з однопровідниковими і диференційними аналоговими каналами вводу сигналів звичайно вказується число входів обох типів. Однопровідникові входи мають загальну землю і використовуються у разі, коли вхідний сигнал має високу амплітуду (понад 1 В), і коли провідники, що з'єднують джерело сигналу і обладнання аналогового вводу, можуть бути завдовжки не більше 4,5 м. Якщо вхідні сигнали не задовольняють цим вимогам, то використовуються диференційні входи. В цьому випадку кожний вхід пристрою збирання даних має власну «землю», що приводить до усунення синфазного шуму в провідниках і зменшення кількості помилок.

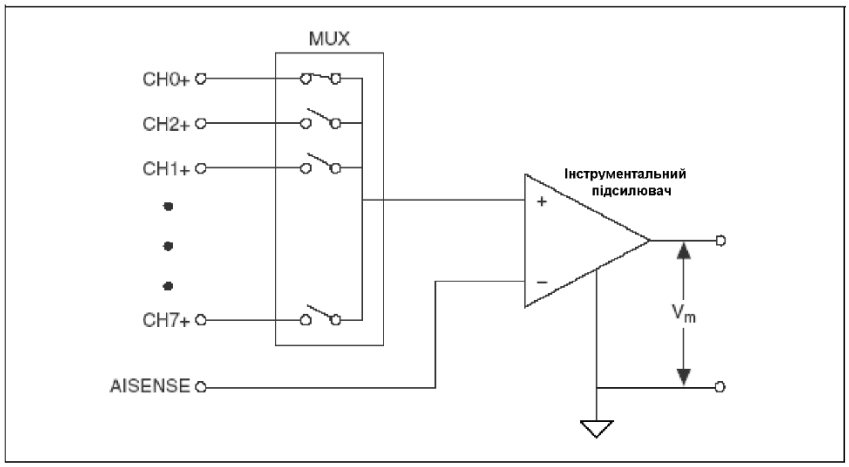


Рисунок 22 – Вимірювальна система із загальним незаземленим провідником

4.8 Вимірювання сигналів від різних джерел

Вимірювання із заземленим джерелом сигналу краще всього проводити за допомогою диференційної вимірювальної системи.

На рисунку 23 наведено неправильне використовування заземленої вимірювальної системи з опорним потенціалом – «землею» для вимірювання заземленого джерела сигналу. В цьому випадку виміряна напруга, Vm, буде рівна сумі напруги сигналу Vg, і різниці потенціалів Avg, яка існує між заземленнями джерела сигналу і вимірювальної системи. Ця різниця потенціалів не завжди постійна в часі. У результаті виходить зашумлена система, в результатах вимірювання якої часто є видимими компоненти на частоті джерела живлення (50 Гц). Перешкоди, які створені контуром із замиканням через землю, можуть містити постійну та змінну складові, внаслідок чого у вимірюваннях з’явиться помилковий зсув напруги і шуми. Різниця потенціалів між двома заземленнями є причиною появи струму, поточного в системі.

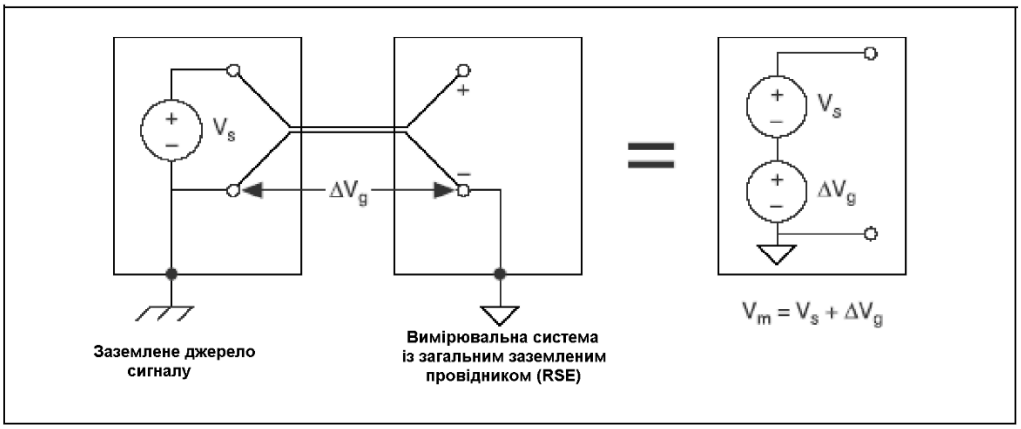


Рисунок 23 – Неправильне використання заземленої вимірювальної системи з опорним потенціалом

Можна використовувати заземлену систему із опорним потенціалом – «землею», якщо рівні напруги сигналу великі, а взаємні з'єднання джерела і вимірювального пристрою мають невеликий імпеданс. В цьому випадку вимірювання напруги сигналу погіршуватиметься під дією контуру із замиканням через землю, але це погіршення може бути невеликим. Перш ніж приєднати заземлене джерело сигналу до заземленої вимірювальної системи з опорним потенціалом – «землею», обов'язково перевіряється полярність джерела сигналу, інакше він може створити коротке замикання на землю, що приведе до його пошкодження.

Конфігурації входу звичайного DAQ пристрою в диференційному (DIFF) і NRSE режимах використовуються для вимірювань без опорного потенціалу. В будь-якій з вказаних конфігурацій різниця потенціалів заземлень джерела сигналу і вимірювального пристрою з'являється як синфазна напруга відносно вимірювальної системи і віднімається від виміряного сигналу (рис. 24).

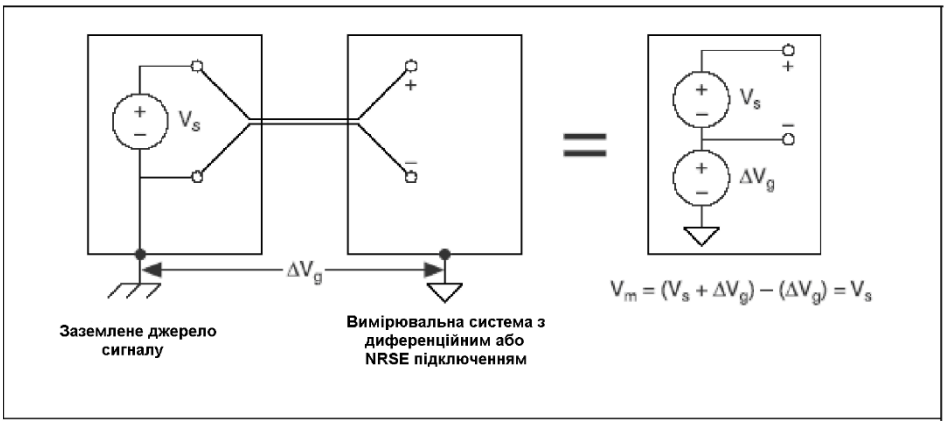


Рисунок 24 – Правильне використовування заземленої вимірювальної системи без опорного потенціалу

4.9 Вимірювання з «плаваючими джерелами» сигналу з «плаваючою землею»

Вимірювання з джерелами сигналу з «плаваючою землею» можна проводити з використовуванням як диференційних вимірювальних систем, так і систем із загальним провідником. Проте, у разі диференційної вимірювальної системи рівень синфазної напруги сигналу відносно заземлення вимірювальної системи залишається в рамках допустимої синфазної напруги для даного вимірювального пристрою.

Багато явищ, наприклад, вхідний струм зсуву інструментального підсилювача, можуть зсовувати рівень джерела сигналу з «плаваючою землею» за межі робочого діапазону напруг вхідного каскаду пристрою збирання даних. Щоб

якось прив’язати цей рівень до деякого опорного потенціалу, використовуються резистори, як показано на рисунку 25.

Ці резистори зсуву створюють ланцюг постійного струму від входів інструментального підсилювача до його заземлення. Без використання резисторів напруга джерела сигналу буде дійсно «плаваючою». Цілком ймовірно, що ця напруга не залишиться в межах робочого діапазону за синфазною напругою інструментального підсилювача, і підсилювач перейде в режим насичення. В якості опорної напруги для джерела потрібно використовувати AI GND. Найпростіший спосіб приєднати джерело сигналу до вимірювальної системи полягає в з’єднанні позитивного виводу сигналу з позитивним входом інструментального підсилювача, негативного виводу сигналу з AI GND і негативним входом інструментального підсилювача без резисторів зсуву. Така схема з’єднань працює добре для джерел, що пов’язані за постійним струмом, з імпедансом менше 100. При великому імпедансі джерел, така схема робить тракт проходження сигналу дуже несиметричним. Перешкоди, які електростатично взаємодіють з лінією позитивного виводу сигналу, не взаємодіятимуть з негативною, оскільки вона з’єднана з AI GND. Тому така перешкода з’явиться як сигнал при диференційному включенні, а не як синфазний сигнал, та інструментальний підсилювач не подавить її. В цьому випадку, замість прямого підключення лінії негативного виводу до AI GND необхідно підключити її через резистор, який в 100 разів більше еквівалентного імпедансу джерела сигналу. Резистор зробить тракт проходження сигналу майже симетричним, тому на обидва з’єднання діятимуть однакові перешкоди, приводячи до кращого усунення електростатичного шуму.

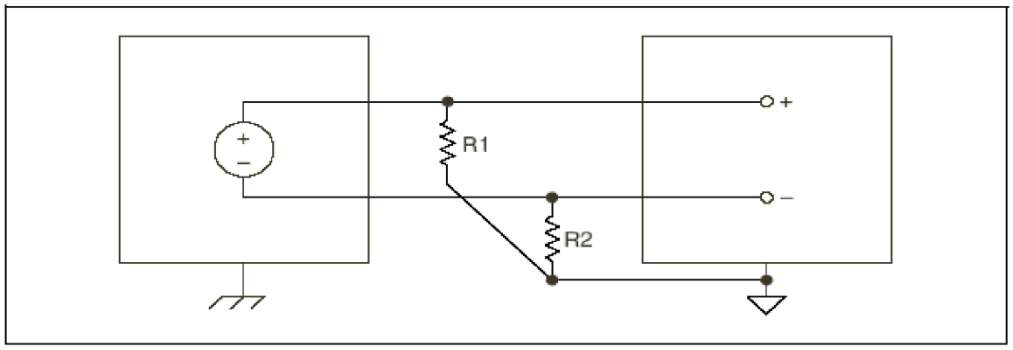


Рисунок 25 – Використання узгоджуючих резисторів

Можна повністю збалансувати шлях проходження сигналу, приєднуючи інший резистор з тим же номіналом між позитивним входом і AI GND, як показано на рисунку 25. Така повністю збалансована конфігурація трохи покращить усунення перешкод. Проте вона має недолік в тому, що навантажує джерело послідовним з’єднанням (сумою) двох резисторів. Якщо, наприклад, імпеданс

джерела рівний 2 кОм, а опір кожного з резисторів рівний 100 кОм, то навантаженням джерела буде 200 кОм, що приведе до похибки 1%.

Для роботи інструментального підсилювача вимагається, щоб обидва його входи мали розв'язки за постійним струмом на землю. Якщо джерело має з'єднання за змінним струмом, то інструментальному підсилювачу необхідний резистор між позитивним входом і AI GND. Якщо імпеданс джерела невеликий, то для того, щоб трохи навантажити джерело, можна вибрати опір достатньо великий, але й достатньо малий – для того, щоб не створювати істотного зсуву напруги на вході, і, як наслідок, вхідного струму зсуву (звичайно вибирають 100 кОм – 1 МОм). В цьому випадку можна приєднати негативний вхід прямо до AI GND. Якщо ж імпеданс джерела великий, то потрібно збалансувати шлях проходження сигналу, як це описано вище, використовуючи однакові резистори на позитивному і негативному входах. При цьому через навантаження джерела, трохи зросте похибка.

Резистори необхідні для створення контуру повернення на землю вхідних струмів зсуву. Для джерел сигналу, що пов'язані за постійним струмом з підсилювачем, необхідний лише резистор R2. Для джерел сигналів, що пов'язані за змінним струмом, R1 = R2.

У разі джерела сигналу з «плаваючою землею» в схемах із загальним провідником можна використовувати режим із заземленням (RSE) для входу системи. Тут не виникне ніякого контуру із замиканням через землю. Можна також використовувати режим із загальним незаземленим провідником (NRSE), який більше переважає з точки зору наведення шумів. В такій конфігурації входу джерела сигналів з «плаваючою землею» потрібні резистори зсуву між входом загального провідника (AISENSE) і заземленням вимірювальної системи (AI GND).

4.10 Коротка класифікація джерел сигналів і вимірювальних систем

На рисунку 26 наведені способи підключення джерела сигналу до вимірювальної системи.

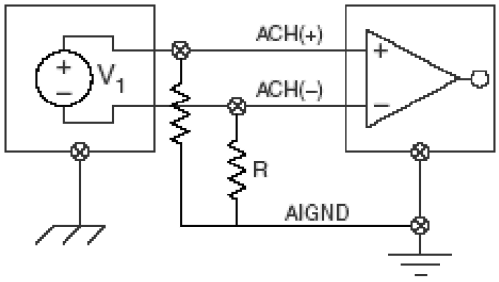
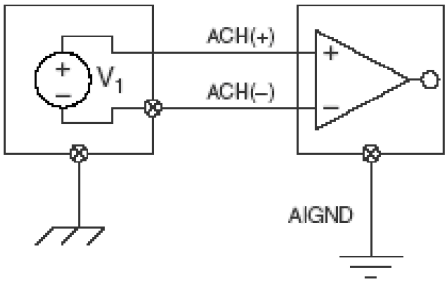
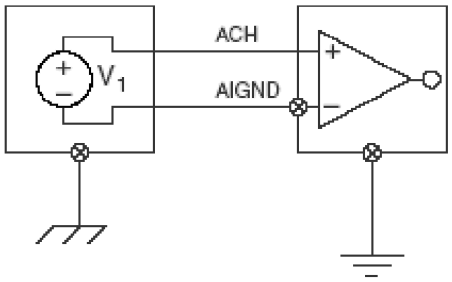
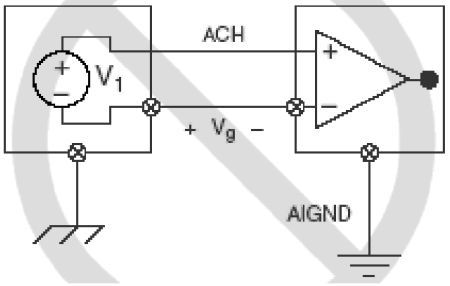
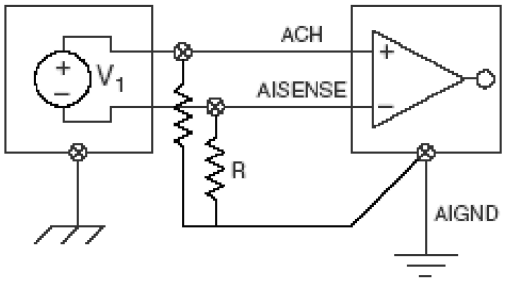
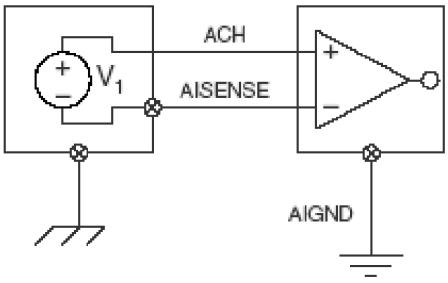
Вхід	Тип джерела сигналу	
	Плаваюче джерело сигналу (не приєднане до заземляючої системи будівлі)	**Заземлене джерело сигналу**
	Приклади - незаземлені термопари - пристрої узгодження сигналів з ізольованими виходами - пристрої на батарейках	Приклади - прилади, що вбудовуються, з неізольованими виходами
Диференційний		
Із загальним заземленим провідником		НЕ РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ  Втрати через замикання через землю, Vg додається до сигналу, що вимірюється
Із загальним незаземленим провідником		

Рисунок 26 – Способи підключення джерела сигналу до вимірювальної системи

4.11 Інтелектуальні датчики

Новітні засоби мікроелектроніки дозволили крім вимірювальних і підлаштування елементів інтегрувати в датчики аналого-цифрові перетворювачі та мікропроцесори, по-новому підійшовши до проблеми розподілу функцій між елементами систем контролю і управління.

Об’єднання цифрових схем і мікропроцесорів в одному пристрої дозволяє виробляти не тільки підсилення і корекцію, але і частина обробки інформації в самому датчику.

Такі інтегральні датчики можуть не тільки контролювати вимірювані величини, але і здійснювати їх оцінку, корекцію за певними критеріями, контролювати свої власні характеристики, працювати в режимі діалогу з центральною системою управління, приймати команди, передавати виміряні значення в цифровій формі, а також формувати аварійні повідомлення.

На відміну від інтегральних датчиків, в яких на базі нових технологій здійснюється об’єднання чутливих елементів зі схемами їх включення, а також лінеаризація характеристик і термокомпенсація, датчики з вбудованими обчислювальними засобами прийнято називати інтелектуальними, враховуючи різноманіття їх функцій, можливості самоконтролю і двостороннього обміну інформацією з системою управління.

Інтелектуальний датчик в силу особливостей своєї структури і розширених функціональних можливостей дозволяє забезпечити або виконання відповідних функцій, що підвищують інформативність вихідного сигналу до необхідного рівня, або формування потоку даних з необхідною достовірністю на основі аналізу досить великої кількості результатів окремих, відносно недостовірних вимірювань. В результаті реальні метрологічні характеристики інтелектуальних датчиків виявляються суттєво вище характеристик датчиків в традиційному виконанні. Це пов’язано з тим, що інтелектуальний датчик є не просто датчиком, а являє собою сукупність апаратних і програмних засобів, що забезпечують відображення властивостей об’єкта у вигляді деякої структури даних, що формується в результаті обробки вихідного сигналу первинного чутливого елемента за певним алгоритмом.

Приєднання технічних засобів обробки інформації безпосередньо до датчика логічно виправдано тим, що кожен крок обробки вимірювального сигналу далеко від об’єкта вимірювання пов’язаний зі збільшенням похибки вимірювання. У даному випадку доречно зауважити, що, інтелектуальний датчик має можливість узгодження вимірювального тракту з джерелом сигналу по чутливості, динамічному діапазону, вибірковості та придушенню перешкод різного виду. Він адаптує свої параметри до зовнішніх чинників і умов, забезпечує автоматичний

самоконтроль функціонування, здійснює операції юстирування і тарування, проводить корекцію похибок.

В автоматичних системах управління і контролю інтелектуальні датчики виконують такі основні функціональні завдання:

– перетворення вхідного сигналу в сигнал необхідного виду з функціональним зв’язком між ними;

– перетворення отриманого сигналу в форму, що забезпечує перешкодозахищеність передачу до пристрою обробки даних по каналу зв’язку;

– вибіркова реєстрацію і попередню обробку вихідного сигналу;

– подавлення істотних для вирішення даного завдання перешкод (збурюючих впливів);

– реагування на мінливі умови в точках контролю;

– забезпечення і контроль власного функціонування.

Ці завдання зумовлюють ті інтелектуальні властивості, які повинен мати датчик, а саме:

– здатність до самонастроювання, тобто зміні чутливості і динамічних характеристик відповідно до діапазону і швидкістю зміни вихідної величини, а також придушення перешкод;

– адаптивність до умов навколишнього середовища.

Здатність датчика або системи датчиків до самодіагностики, включаючи корекцію помилок.

Виходячи з цього можна дати таке визначення інтелектуального датчика – це датчик, що володіє здатністю автоматичної адаптації до джерела сигналу і навколишнього середовища, а також здатністю контролювати свої функції, коригувати помилки вимірювань, і представляє собою електронний пристрій, заснований на об’єднанні чутливих елементів, схем перетворення сигналів і засобів мікропроцесорної техніки.

Інтелектуальний датчик являє конструктивно об’єднану сукупність інформаційних пристроїв та електронного комп’ютера, розміщену в зоні дії вимірюваних величин, що сприймає укладену в об’єкті інформацію про розмір цих величин, що забезпечує автоматичне узгодження власних параметрів з параметрами вимірюваних величин і зовнішніми умовами, а також автоматичний контроль власного функціонування та компенсацію окремих похибок.

Структурна схема інтелектуального датчика залежить від структурних схем вимірювальних перетворювачів, що входять в склад датчика.

До складу інтелектуального датчика можуть входити:

– первинний вимірювальний перетворювач з неелектричним вхідним сигналом;

– проміжний вимірювальний перетворювач;

– електронний блок підготовки та первинної обробки вимірювального перетворювача;

– аналого-цифровий перетворювач;

– джерело живлення;

– Мікро-ЕОМ:

– інтерфейс.

Вихідний сигнал первинного МП може безпосередньо перетворитися в цифрову форму. Перший ІП може бути об’єднаний з аналого-цифровим перетворювачем.

Для дискретних вимірювальних сигналів зазвичай використовується простіша структура ВД, яка відрізняється дещо меншими апаратними витратами до якого входять: чутливий елемент, перетворювач і формувач рахункового сигналу, блок формування нормованих електричних імпульсів, лічильник, мікро-ЕОМ та інтерфейс.

Можна вказати на такі особливості використання ВД у порівнянні з традиційними датчиками. Точність вимірювань залежить від внутрішніх похибок ІП (нелінійності, гістерезиса, недостатньою повторюваності), зовнішніх умов, точності калібрування, ступеня відтворюваності результатів, місця розташування значення вимірюваної величини в діапазоні вимірювання, точності, забезпечується лініями передачі, прийому і обробки сигналу.

Вплив цих фактором призводить до того, що точність датчики класу 0,25% в реальних умовах становить всього 1%. Однак точність вимірювань істотно підвищується за рахунок внутрішніх обчислень, які може виконувати ІД. Алгоритми поліпшення статичних характеристик ВД дозволяють виробляти корекцію початкового зсуву і крутизни для чітко лінійних статичних характеристик, коригування масштабу вимірювального тракту, лінеаризацію статичних характеристик табличним методом, апроксимацію з допомогою поліномів, інтерполяцію і т.д.

Завдяки можливостям самонастроювання датчик вибирає найкращий діапазон вимірювання і посилає відповідну інформацію на верхній ієрархічний рівень. У разі виходу за межі діапазону вимірювань подається аварійний або попереджувальний сигнал.

В ІД можлива корекція впливу перешкод і різних збурень за рахунок реалізації диференціальних методів вимірювань програмними способами, використання ітераційних методів обробки для нелінійних залежностей, застосування адаптивних методів корекції з формуванням скорегувати значення за результатами останнього вимірювання.

Інтелектуальний датчик надійніше традиційних, так як вони дозволяють:

– спростити вимірювальний перетворювач, використовуючи можливості його характеристик за допомогою програмного забезпечення, у тому числі коригуючи масштаби і вносячи поправки на температуру за допомогою обчислювального пристрою;

– збільшити кількість однотипних осередків;

– звести до мінімуму аналогову частину – джерело несправності та спотворення;

– ввести системи автоматичного контролю старіння комітентів, що підвищують надійність датчика в цілому (виявлення перенапруг, розігріву, надлишкового статичного тиску тощо);

– контролювати стан довкілля для виявлення відхилень і виключення роботи датчика до встановлених меж;

– контролювати працездатність окремих елементів і вузлів, в тому числі напруги живлення на прецизійних елементах, рівні спрацьовування, струми і напруги зсуву;

– здійснювати автоматичне самокалібрування за зовнішнім або вбудованим еталонним джерелом.

Програмне забезпечення дозволяє автоматично управляти процесом вимірювання: включенням / виключенням, зміною діапазонів, перемиканням каналів вимірювань, частотою калібрування, порядком адресування. Вибір алгоритму, тест-сигналів, точок і часу вимірювання та ін. А також вибір фільтрів відповідно до параметрів перешкод здійснюється у відповідності із завданнями вимірювання або по командах керуючої ЕОМ. Зв’язок ВД з керуючою ЕОМ та іншими периферійними пристроями реалізується програмними способами по загальній шині; передача сигналів здійснюється в режимах квітування, з перериванням і контролем програмних засобів, з послідовним і паралельним опитуванням, в режимі передачі і прийому сигналом управління. ВД дозволяє обробляти результати вимірювань з метою стиснення пересилається, реалізуючи контроль граничних значень, а також виконуючи задані математичні та логічні операції відповідно з поставленим завданням вимірювання.

Інтелектуальні датчики забезпечують доступ до внутрішньої інформації, яка може бути використана в ланцюгах діагностики та профілактичного обслуговування. Датчик через портативний пульт або за допомогою дистанційного керування з верхнього ієрархічного рівня дає оператору відомості про:

1) миттєвих значеннях напруги живлення, проміжних величинах, результати вторинних вимірювань;

2) сукупності параметрів, занесених та отриманих перед виникненням несправності;

3) дата останнього контролю (калібрування, перевірки нуля тощо);

4) причинах усунених відмов;

5) вторинних параметрах, перевищенні допустимої межі (внутрішній температурі, абсолютному тиску та ін.).

Інтелектуальні датчики, об’єднані мікропроцесорами, дозволяють підняти на новий якісний рівень можливості створюваних засобів вимірювань. Ідеальним рівнем «інтелектуального» датчика є інтеграція його функцій, яка не призводить до збільшення загальних матеріальних витрат на розробку і створення засобів вимірювань.

Незважаючи на те, що сигнал на виході чутливого елемента може бути слабким, рухаючись сигнал повинен мати високий рівень і, по можливості, лежати в потрібному діапазоні значень для того, щоб дійти до основних пристроїв в неспотвореному вигляді і спростити обчислення вимірюваної величини. Тому, в загальному випадку, сигнал сенсора повинен пройти попередню обробку, яка дозволяє здійснити багато важливих завдань, такі як:

– спеціальні заходи забезпечення безпеки;

– з’єднання з іншими компонентами послідовно, паралельно або в замкнутому контурі;

– підсилення сигналу;

– масштабування;

– лінеаризація;

– перетворення сигналу.

В даний час увійшло в практику перетворення сигналу датчики в цифрову форму в самому датчику. В силу зростаючого застосування розподілених систем з шинною архітектурою це стає все більш необхідним. На додаток до цього системи в цілому перевагою є і те, що дані вимірювання можуть передаватися без втрати точності незалежно від відстані між датчиком і пристроями обробки даних більш високого рівня. Перенесення функцій обробки сигналів з апаратури на програмне забезпечення спрощує підвищення точності вимірювань. Виробничі відхилення можна враховувати шляхом простої параметризації.

ТЕМА 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ЗБИРАННЯ ДАНИХ

5.1 Програмне забезпечення системи збирання даних

Програмне забезпечення (ПЗ) перетворює ПК і обладнання ЗД в завершену систему збирання, аналізу і відображення даних.

Правильний вибір операційної системи комп'ютера дозволить досягти максимальної ефективності і задовольнити поточні потреби. На цей вибір впливають багато чинників, такі як досвід і вимоги розробників та кінцевих користувачів, інші застосування ПК (на даний момент і в майбутньому), фінансові міркування, сумісність апаратних засобів, наявних комп'ютерів, з вибраною ОС, а також наявність необхідного програмного забезпечення під цю ОС. Традиційно поширені операційні системи MacOS, відомі своїм простим графічним інтерфейсом користувача, а також Windows 2000 і Windows XP – популярні 32-розрядні ОС із зручним для користувача інтерфейсом, розширеним управлінням живленням і підтримкою технології Plug&Play. Крім того, для підвищення надійності і функціональності у ряді додатків дуже ефективним є використання операційних систем реального часу (ОСРЧ).

Без керуючого ПЗ обладнання збирання даних коректно не працюватиме, тому в більшості додатків ЗД використовуються спеціалізовані програмні драйвери. Драйвери є програмним забезпеченням, що дозволяє безпосередньо управляти пристроями ЗД, інтегруючи їх з ресурсами ПК, такими як пам'ять, переривання процесора і ПЗП. Драйвери усувають необхідність в складному низькорівневому програмуванні устаткування, надаючи користувачу простий і зрозумілий інтерфейс.

Зростаючі можливості і вдосконалення обладнання збирання даних та комп'ютерів підкреслюють важливість та цінність драйверів. Правильно вибраний драйвер може забезпечити оптимальне поєднання гнучкості і продуктивності, при цьому скоротивши час розробки додатку.

При виборі програмного драйвера слід враховувати відразу декілька чинників:

Якими функціями володіє драйвер?

Функції драйвера для управління устаткуванням збирання даних можуть бути згруповані таким чином: аналогові, цифрові та синхронізуючі. Більшість драйверів володіє цими базовими функціями, проте переконатися в тому, що драйвер може робити дещо більше, ніж просто зчитувати з пристрою і записувати на нього дані. Необхідно переконатися, що драйвер вміє:

- тестувати канали без програмування;
- зчитувати дані у фоновому режимі при одночасній їх обробці;

– використовувати програмований ввід/вивід, переривання і прямий доступ до пам’яті для передачі даних;

– записувати дані на диск і зчитувати їх;

– здійснювати декілька дій одночасно;

– інтегрувати декілька пристроїв ЗД;

– інтегруватися з устаткуванням узгодження сигналу;

– надати приклади для ознайомлення.

Ці та інші функції збирання даних включені в універсальний драйвер National Instruments – DAQ.

З якою операційною системою працює драйвер?

Драйвер повинен бути спроектований так, щоб він використовував різні особливості і можливості ОС. Наприклад, можливість використовувати віддалений робочий стіл підтримується лише у Windows XP. В майбутньому також може знадобитися можливість перенести код на іншу платформу, скажемо з Windows ПК на Macintosh. Наприклад, драйвер NI-DAQ працює під Windows XP/2000/NT/ME, Mac OS, Linux, Solaris.

Чи обмежує драйвер продуктивність системи?

Оскільки драйвер є додатковим шаром між ПК і пристроєм ЗД, він може бути причиною деяких обмежень. Крім того, в системах Windows 9x можуть траплятися значні затримки обробки переривань. Без правильної обробки цих затримок продуктивність системи збирання даних дуже знижується. Так драйвер NI-DAQ має забезпечує частоту оцифровування сигналу до 10 МГц.

До версії 7 драйвери NI-DAQ для збирання даних були однопотоковими, що ускладнювало виконання паралельних операцій без опитування і встановлення флажків для уникнення конфліктів. Будучи багатопотоковим, NI-DAQ 7 повністю усуває цю проблему, і одночасні операції можуть виконуватися без зупинки. Тепер можна одночасно працювати з лічильниками і здійснювати операції аналогового і цифрового вводу без додавання спеціального коду для обробки одночасного збирання даних.

Які мови програмування можна використовувати з драйвером?

Необхідно переконатися, що функції драйвера можуть бути викликані з мови програмування, що використовується вами, і добре працюють з його середовищем розробки. Такі мови програмування як Visual Basic мають середовище розробки, що керується подіями, в якій для розробки додатків використовуються елементи управління.

Програмувати чи не програмувати?

Існує інший спосіб запрограмувати устаткування ЗД – використовувати прикладне програмне забезпечення. Перевага цього підходу полягає в тому, що до

функцій драйвера додаються можливості обробки і представлення даних. Проте, навіть використовуючи прикладне ПЗ, також необхідно знати відповіді на питання, наведені в попередньому розділі, оскільки прикладне ПЗ використовує драйвера для управління устаткуванням ЗД. Крім того, прикладне ПЗ володіє можливістю інтеграції засобів управління приладами (GPIB, RS-232 і VXI) із збором даних.

Компанія NI пропонує три прикладні програмні продукти: LabVIEW з концепцією графічного програмування, LabWindows/CVI для традиційного програмування на Ci і Measurement Studio для Visual Basic, C++ і .NET – для розробки кінцевих додатків збирання даних і управління приладами. Всі продукти можуть бути доповнені наборами інструментів для вирішення певних задач. Програма National Instruments VI Logger є простою у використанні, але дуже гнучким інструментом для додатків реєстрації даних (рис. 27).

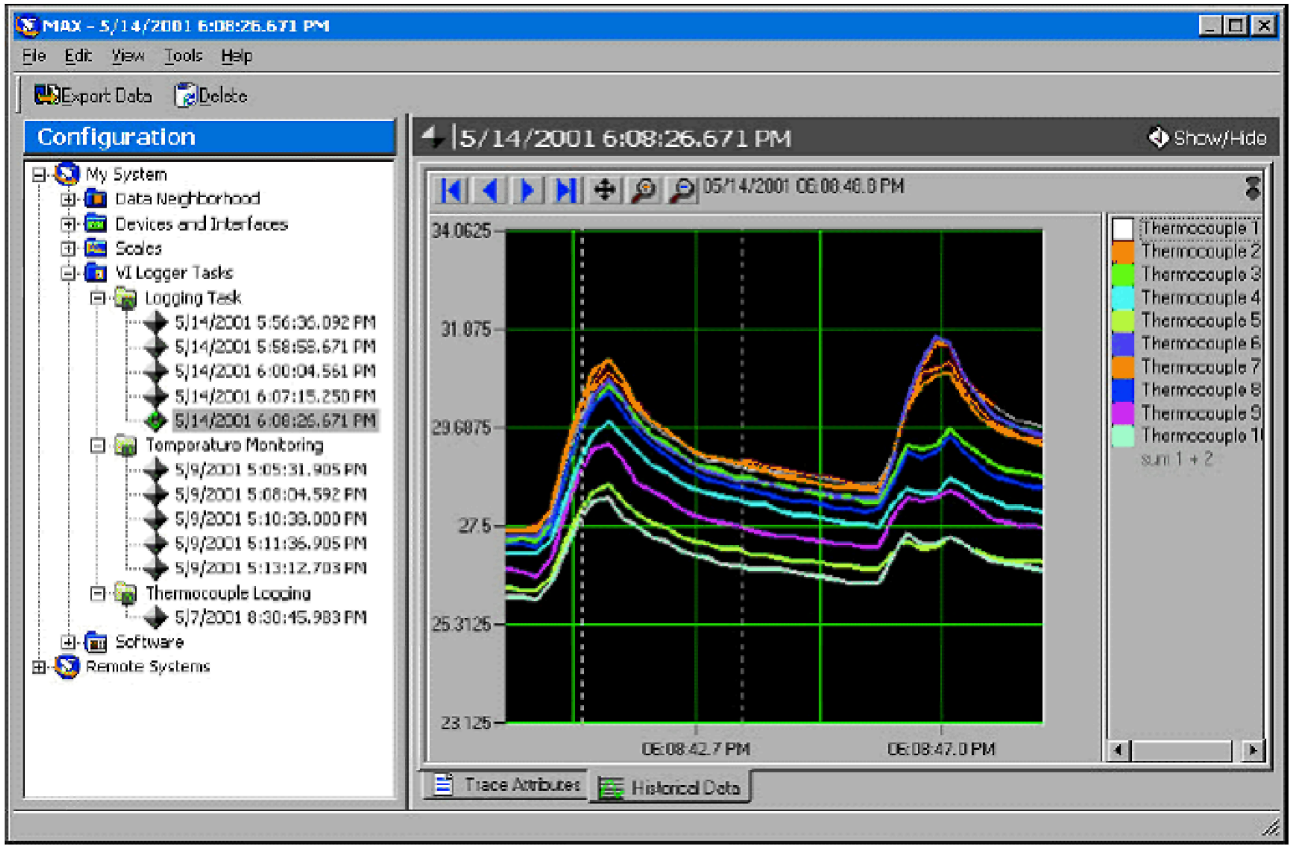


Рисунок 27 – Компанія National Instruments зробила програму VI Logger для допомоги користувачам в додатках реєстрації даних

5.2 Розширення комп'ютерних технологій. Кишенькові персональні комп'ютери (КПК)

За допомогою кишенькових персональних комп'ютерів (КПК) вимірювальні додатки тепер можуть виконуватися прямо на долоні. В даний час КПК стали використовуватися дуже широко завдяки своїм невеликим розмірам, мобільності

та модульності. Переваги цієї платформи для вимірювальних додатків стали доступні за допомогою LabVIEW. Модуль LabVIEW 7 PDA Module і система розробки LabVIEW дозволяють створювати віртуальні прилади на КПК з операційними системами Microsoft Pocket PC і Palm OS. Окрім цього, за допомогою плати збирання даних у форматі CF або PCMCIA можна створити різні мобільні вимірювальні комплекси і системи управління: осцилографи, спектральні аналізатори, генератори аналогових і цифрових сигналів.

ТЕМА 6 ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

6.1 Проектування функціональної схеми автоматизації

На базі структурної та технологічної схем розробляється функціональна схема автоматизації технологічного процесу.

Наприклад функціональна схема автоматизації технологічного процесу виробництва фасадної плитки приведена рисунку 28.

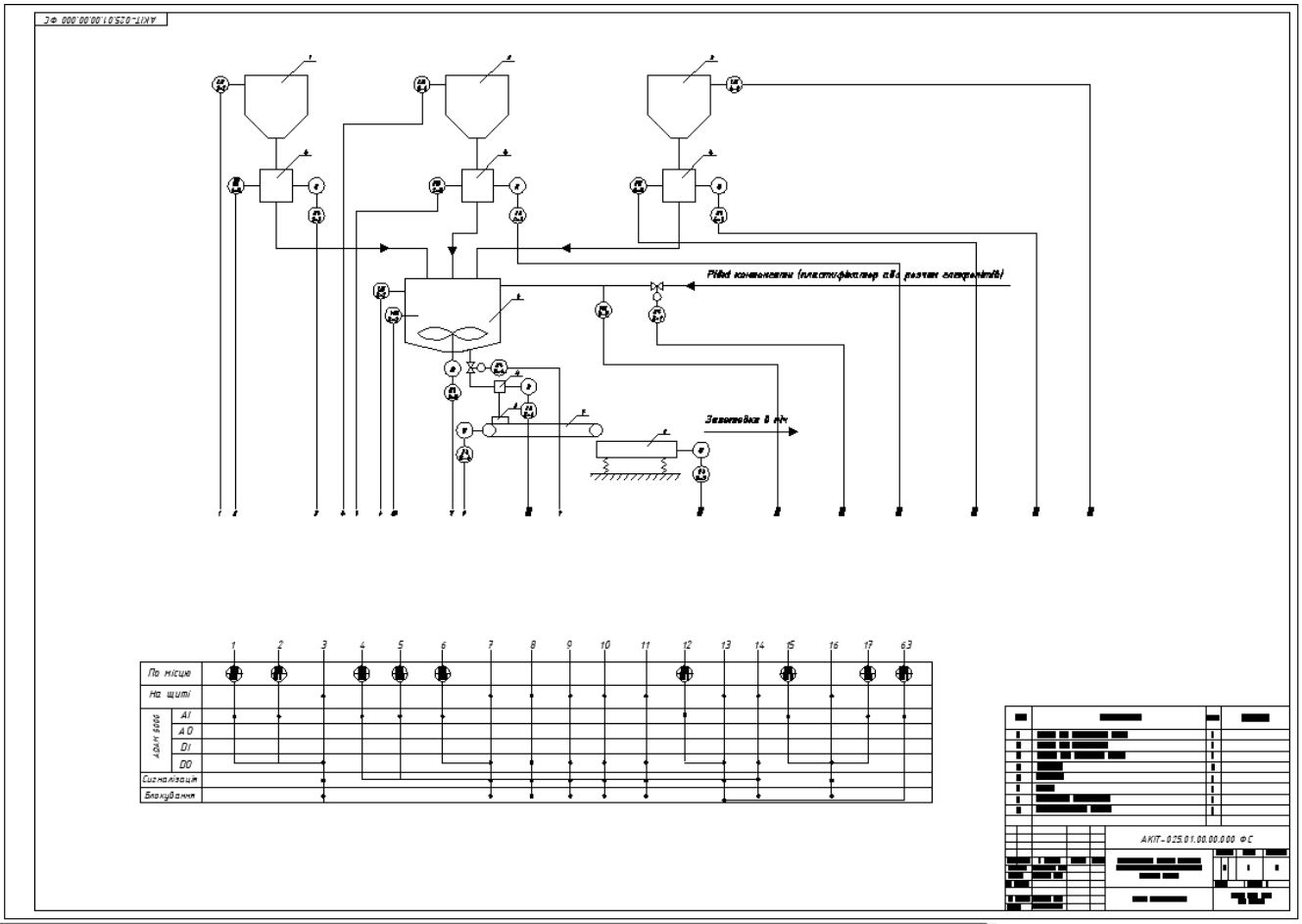


Рисунок 28 – Функціональна схема автоматизації технологічного процесу виробництва фасадної плитки

6.2 Приклад опису функціональної схеми автоматизації (технологічного процесу виробництва фасадної плитки)

Технологічний процес виробництва фасадної плитки протікає наступним чином.

Помелена глина завантажується в бункер 1. Рівень глини в бункері контролюється датчиком рівня LE 1-1, сигнал з якого поступає на аналоговий вхід контролера.

Маріуполіт завантажується в бункер 2. Рівень глини в бункері контролюється датчиком рівня LE 2-1, сигнал з якого поступає на аналоговий вхід контролера.

Червоний шлам завантажується в бункер 3. Рівень глини в бункері контролюється датчиком рівня LE 4-1, сигнал з якого поступає на заданий аналоговий вхід контролера.

Для завантаження глини в змішувач 5 на заданому каналі дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, що подається на пускач NS 1-5, який вмикає подачу живлення на електродвигун приводу дозатора 4. Кількість поданої глини в змішувач вимірюється витратоміром FE 1-3, сигнал з якого поступає на заданий аналоговий вхід контролера. При досягнення заданого значення кількості завантаженої в змішувач глини, контролер припиняє подачу живлення на заданий канал дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, до якого підключений пускач NS 1-5 і електродвигун приводу дозатора 4 зупиняється.

Для завантаження маріуполіту в змішувач 5 на заданому каналі дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, що подається на пускач NS 2-5, який вмикає подачу живлення на електродвигун приводу дозатора 4. Кількість поданого маріуполіту в змішувач вимірюється витратоміром FE 2-3, сигнал з якого поступає на заданий аналоговий вхід контролера. При досягнення заданого значення кількості завантаженого в змішувач маріуполіту, контролер припиняє подачу живлення на заданий канал дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, до якого підключений пускач NS 2-5 і електродвигун приводу дозатора 4 зупиняється.

Для завантаження червоного шламу в змішувач 5 на заданому каналі дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, що подається на пускач NS 4-5, який вмикає подачу живлення на електродвигун приводу дозатора 4. Кількість поданого червоного шламу в змішувач вимірюється витратоміром FE 4- 3, сигнал з якого поступає на заданий аналоговий вхід контролера. При досягнення заданого значення кількості завантаженого в змішувач червоного шламу, контролер припиняє подачу живлення на заданий канал дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, до якого підключений пускач NS 4- 5 і електродвигун приводу дозатора 4 зупиняється.

Для ввімкнення мішалки змішувача 5 на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подається на пускач NS 3- 3, який вмикає подачу живлення на електродвигун приводу мішалки.

Для подачі в змішувач 5 рідких компонентів (пластифікатора або рідкого скла) на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 3-9, що відкриває електроклапан. Кількість завантажених в змішувач рідких компонентів вимірюється витратоміром FE 3-7, сигнал з якого поступає на заданий аналоговий вхід контролера. При досягнення заданого значення кількості завантажених в змішувач рідких компонентів, контролер припиняє подачу живлення на заданий канал дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, до якого підключений електричний виконавчий елемент NS 3-9 і електроклапан закривається.

Вологість суміші в змішувачі контролюється вологоміром WE 3-8, сигнал з якого поступає на заданий аналоговий вхід контролера. При досягнення заданого значення вологості суміші, контролер припиняє подачу живлення на заданий канал дискретного модуля виводу контролера формується сигнал, до якого підключений електричний виконавчий елемент NS 3-9 і електроклапан подачі рідких компонентів закривається.

Після завершення заданого часу змішування (програмно) контролер на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу формується сигнал, що подає живлення на електричний виконавчий елемент NS 3-6, який відкриває електроклапан і суміш поступає до дозатора 4. Тоді на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подає живлення на пускач NS 3-5, який подає живлення на електродвигун приводу дозатора 4 і суміш заповнює форму 6, що розміщена на стрічковому транспортері 7. На відповідному каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подає живлення на пускач NS 3-4, який вмикає подачу живлення на електродвигун приводу стрічкового транспортера на заданий в програмі контролера час, що відповідає кроку переміщення до наступної форми.

Рівень суміші в змішувачі 5 контролюється датчиком рівня LE 3-1, сигнал з якого поступає на заданий аналоговий вхід контролера. При досягненні нижнього рівня контролер припиняє формування сигналу на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу, що припиняє подачі живлення на пускач NS 3-3, який вимикає подачу живлення на електродвигун приводу мішалки.

Після заповнення площадки віброущільнюючої машини 8 заданою програмно в контролері кількістю форм на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу, формується сигнал для подачі живлення на пускач NS 3-7,

який вимикає на заданий в контролері програмно час подачу живлення на електродвигун приводу віброущільнюючої машини.

Після цього заготовки плитки вручну вивантажуються з форм і вкладаються на транспортер печі.

Для виходу печі на робочий режим на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 7-7, що відкриває електроклапан подачі природнього газу до зон печей. Після цього послідовно запалюються пальники п’яти зон печі. Для цього послідовно відкриваються відповідні електроклапани подачі газу до пальників. Спочатку на відповідному заданому каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 7-8, що відкриває електроклапан першої зони, тоді формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 7-8, що відкриває електроклапан першої зони, тоді формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 7-9, що відкриває електроклапан другої зони, тоді формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 7-10, що відкриває електроклапан третьої зони, тоді формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 7-11, що відкриває електроклапан четвертої зони, і лише тоді формується сигнал, що подається на електричний виконавчий елемент NS 7- 12, що відкриває електроклапан п’ятої зони з одночасним електрозапалом пальників.

Витрата природного газу вимірюється витратоміром FE 7-5, а тиск PE 7-3, сигнали з яких поступають на відповідні канали модуля аналогового вводу контролера.

Контроль наявності полум’я здійснюється для кожної із п’яти зон печі відповідними датчиками BS 6-39, BS 6-41, BS 6-43, BS 6-45 та BS 6-47, сигнали з яких поступають на відповідні канали модуля аналогового вводу контролера. У разі відсутності полум’я на пальниках у будь-якій із п’яти зон печі спрацьовує відповідний датчик наявності полум’я і за сигналом з контролер перекривається відповідний електроклапан подачі газу на пальники зони.

Температура в шістнадцяти зонах печі вимірюється відповідними датчиками температури TE 6-5, TE 6-7, TE 6-9, TE 6-11, TE 6-13, TE 6-15, TE 6-17, TE 6-19, TE 6-21, TE 6-23, TE 6-25, TE 6-27, TE 6-29, TE 6-31, TE 6-33, TE 6-35 та TE 6-37, сигнали з яких поступають на відповідні канали модуля аналогового вводу контролера.

Для підтримання процесу горіння в піч подається очищене повітря з навколишнього середовища. Для цього на відповідному каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подає живлення на пускач NS 9-1, який

подає живлення на електродвигун приводу другого вентилятора. Тиск у кожному з двох повітрепроводів вимірюється за допомогою датчиків тиску PE 9-3 та PE 9-5, сигнали з яких поступають на відповідні канали модуля аналогового вводу контролера.

Разом з цим, для відводу відпрацьованих газів та очищення їх при викиді в навколишнє середовище на початку печі на відповідному каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подає живлення на пускач NS 5-3, який подає живлення на електродвигун приводу першого вентилятора. Температура відпрацьованих газів у двох точках повітрепровода вимірюється за допомогою датчиків тиску TE 6-1 та TE 5-1, сигнали з яких поступають на відповідні канали модуля аналогового вводу контролера. Величина розрідження вимірюється датчиком PE 6-3, сигнал з якого поступає на відповідний канал модуля аналогового вводу контролера.

Разом з цим, для відводу відпрацьованих газів та очищення їх при викиді в навколишнє середовище в кінці печі на відповідному каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подає живлення на пускач NS 8-3, який подає живлення на електродвигун приводу першого вентилятора. Температура відпрацьованих газів в повітрепроводі вимірюється за допомогою датчиків тиску TE 8-1, сигнали з якого поступає на відповідний канал модуля аналогового вводу контролера. Величина розрідження вимірюється датчиком PE 8-7, сигнал з якого також поступає на відповідний канал модуля аналогового вводу контролера.

Для охолодження плиток після випалу на відповідному каналі модуля дискретного виводу контролера формуються сигнали, що подають живлення на пускачі NS 8-4 та NS 9-5, які подають живлення відповідно на електродвигуни приводу першого та другого транспортерів. Одночасно на відповідному каналі модуля дискретного виводу контролера формується сигнал, що подає живлення на пускач NS 8-6, який подає живлення на електродвигун приводу третього вентилятора, що нагнітає повітря з навколишнього середовища в зону охолодження.

ТЕМА 7 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

7.1 Принципи вибору технічних засобів автоматизації

Вибір технічних засобів автоматизації технологічного комплексу необхідно здійснювати з врахуванням кількості вхідних і вихідних аналогових, дискретних та імпульсних сигналів, які будуть використовуватися для реалізації розробленої системи керування технологічного комплексу. Даний вибір залежить також і від проектованого рівня автоматизації технологічного комплексу.

При цьому необхідно привести:

– обґрунтування вибору засобів автоматизації з описом їх технічних характеристик;

детальний опис програми функціонування засобів автоматизації.

7.2 Приклад опису обґрунтування вибору датчиків

Для контролю рівнів в ємностях використовуються датчик рівня моделі LMP-308.

Зонд LMP 808 призначений для неперервного виміру рівня рідини, неагресивного матеріалу корпусу ПВХ (полівінілхлорид) та нержавіючої сталі.

Основні характеристики:

–діапазони тиску: від 0-0,4 до 0-250 м. вод. ст.;

–основна похибка: 0,5/0,35/0,25% ДИ;

–вихідний сигнал: 0/4-20 мА, 0-10 В (опція: Ex-виконання);

–датчик: кремнієвий п’єзорезистивний;

–діапазон температури вимірюваного середовища: -20-+70 °С;

–клас захисту: IP 68.

Для вимірювання кількості (маси) компонентів, що подаються в змішувач з вагових бункерів, використовуються тензометричні датчики B6E фірми Zemic.

Основні характеристики:

–навантаження: 20 кг. - 300 кг.;

–матеріал: Нержавіюча сталь 17-4PH;

–клас захисту: IP66;

–максимальний розмір вантажоприймальної платформи: 400 х 400 мм.

7.3 Приклад обґрунтування вибору пристроїв узгодження сигналів

Для запуску електродвигунів використовуються магнітні пускачі ПМЛ-1100 О*4Б 10А 380В (АС) 1НВ (див. таблицю 3).

Контактори та електромагнітні пускачі ПМЛ призначені для застосування в якості комплектуючих виробів в схемах керування електроприводами, головним чином для застосування в стаціонарних установках, для дистанційного пуску безпосереднім підключенням до мережі, зупинки і реверсування трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором при напрузі до 660 В змінного струму частоти 50 і 60 Гц.

Таблиця 3 – Технічні характеристики

Назва параметру	Значення
Область застосування	загальнопромисловий
Відповідність стандартам	ДСТУ IEC 60947-4-1
Номінальна напруга по ізоляції, В	660
Потужність двигуна для категорії АС-3 при 380 В 50 Гц, кВт	5,5
Потужність, споживана котушкою контактора, включення/утримання, ВА	68±8,0/8±1,8
Зносостійкість механічна / комутаційна (категорія застосування АС-3), млн. циклів	10/1,5
Максимальна частота включень без навантаження /з навантаженням, включень в годину	3600/2400
Тип теплового реле	без реле
Ступінь захисту	IP00
Габаритні розміри, мм	44×67×73,8
Установчі розміри, мм	50×35
Варіанти гвинтового кріплення	2 гвинти М4
Можливість установки на DIN-рейку	немає
Кліматичне виконання за ГОСТ 15140	УХЛ
Категорія розміщення	4
Маса, кг	0,32

7.4 Приклад обґрунтування вибору промислового контролера

В якості базових пристроїв для реалізації системи підібрано комплект модулів збору даних та управління серії ADAM-5000 фірми Advantech, що призначені для побудови розподілених систем збору даних та управління, і являють собою компактні інтелектуальні пристрої обробки сигналів датчиків.

Для керування технологічним процесом контролер повинен мати наступні комунікаційні канали:

– кількість аналогових входів: 40;

– кількість дискретних виходів: 21.

Для живлення модулів застосовують напругу 10-30 В постійного струму; діапазон робочих температур – -10-+70 °С; діапазон температур зберігання – -25-+80 °С; відносна вологість повітря – до 95 % без конденсації вологи.

Мікроконтролер ADAM-5511 складається з двох основних частин: базового блоку і модулів вводу-виводу. Базовий блок має у своєму складі процесорний

модуль, перетворювач напруги, 4-слотову пасивну об'єднуючу панель, два послідовних комунікаційних порти і порт програмування.

При виборі в якості базових пристроїв модулів серії ADAM-5000 враховувались такі фактори, як точність стабілізації та регулювання вихідних параметрів, допустима ціна, надійність, можливість наступного нарощування системи та програмної зміни її архітектури.

З переліку модулів вводу-виводу серії ADAM-5000, враховуючи кількість та характеристики засобів автоматизації, для реалізації системи обрано наступні:

– процесорний блок ADAM-5510E;
– модуль аналогового вводу ADAM-5017;
– модуль дискретного виводу ADAM-5056.

Мікроконтролер ADAM-5510E створений на базі мікропроцесора 80188 і має вбудовану операційну систему ROM-DOS, яка сумісна з MS-DOS На рівні базових функцій, за винятком BIOS, що забезпечує можливість виконання стандартного для IBM PC програмного забезпечення або прикладних програм, написаних на мовах високого рівня. Технічні характеристики процесорного блоку ADAM-5510E представленні в таблиці 4.

Таблиця 4 – Технічні характеристики процесорного блоку ADAM-5510E

№ з/п	Назва параметра	Значення
1	Тип процесора	80188-40, 16-розрядний
2	Об’єм флеш-ПЗП	256 кбайт
3	Операційна система	ROM-DOS у флеш-ПЗП
4	Об’єм флеш-пам’яті	256 кбайт
5	Інтерфейсні порти	порт COM1 (3F8):RS-232; порт COM2 (2F8):RS-485;
6	Порт програмування	COM3: RS-232
7	Кількість модулів вводу-виводу	4
8	Напруга живлення	+10…+30 В
9	Споживана потужність	1,0 Вт

7.5 Приклад обґрунтування вибору джерела живлення автоматизованої системи керування

Потужність, яку споживає модуль ADAM 5510E, рівна 1,2 Вт.

Для роботи 3-х модулів контролера ADAM 5017, що споживають енергії по 1,2 Вт кожен, необхідно забезпечити потужність джерела живлення у 3,6 Вт.

Потужність, яку споживає модуль ADAM 5056, я рівна 0,25 Вт.

Просумувавши вище наведені значення споживаної енергії контролерами

(1,2+3,6+0,25=5,05) отримаємо розрахункову потужність P = 5,05 Вт джерела живлення напругою 24 В. На основі цих даних можна порахувати мінімальне навантаження за струмом, яке має забезпечити блок живлення:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{5.05}{24} = 0.21\ A$$

По отриманих розрахункових даних обираємо блок живлення PS-15-24.

Блок живлення PS-15-24 призначений для монтажу на DIN-рейку. Він живиться від однофазної мережі змінного струму або від джерела постійної напруги. Блок живлення PS-15-24 Mean Well відкритого типу 15 Вт, 24 В, 0.625 А (AC/DC перетворювач).

Основні технічні параметри PS-15-24 наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Технічні блоку живлення PS-15-24

№ з/п	Назва параметра	Значення
1	Мінімальна робоча температура	-10 град.
2	Вихідний струм	не більше 0,625 А
3	Максимальна температура зберігання	85 град.
4	Тип стабілізації	По напрузі
5	Напруга живлення	220 В
6	Максимальне вхідне напруга	264 В

ТЕМА 8 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

8.1 Принципи розробки електричної схеми автоматизованої системи керування

Розглядається питання живлення схем та його резервування, принципові схеми регулювання, управління, сигналізації та живлення. В стислій формі описуються принципи їх роботи. Обґрунтовується вибір елементів схем з врахуванням їх надійності, безпеки використання в даному технологічному процесі та економічність прийнятих рішень.

Необхідно розглянути схеми автоматичного захисту. Якщо вона реалізована на мікропроцесорних засобах автоматизації, то необхідно описати алгоритм її роботи і навести елементи електричних схем під’єднання сигнальної та захисної апаратури до контролерів і пристроїв.

8.2 Приклад опису принципової електричної схеми підключення датчиків та пускових пристроїв до модулів контролера

Вибрані датчики для вимірювання технологічних параметрів мають уніфікований вихід по струму 4-20 мА.

Для підключення датчиків до модулів ADAM 5017 використовуймо двох провідну схему. Виходи давачів підключаєм на входи даних модулів – Vin+, Vin-.

Схема під'єднання датчиків та виконавчих механізмів до мікроконтролера ADAM-5000 приведена на рисунку 29.

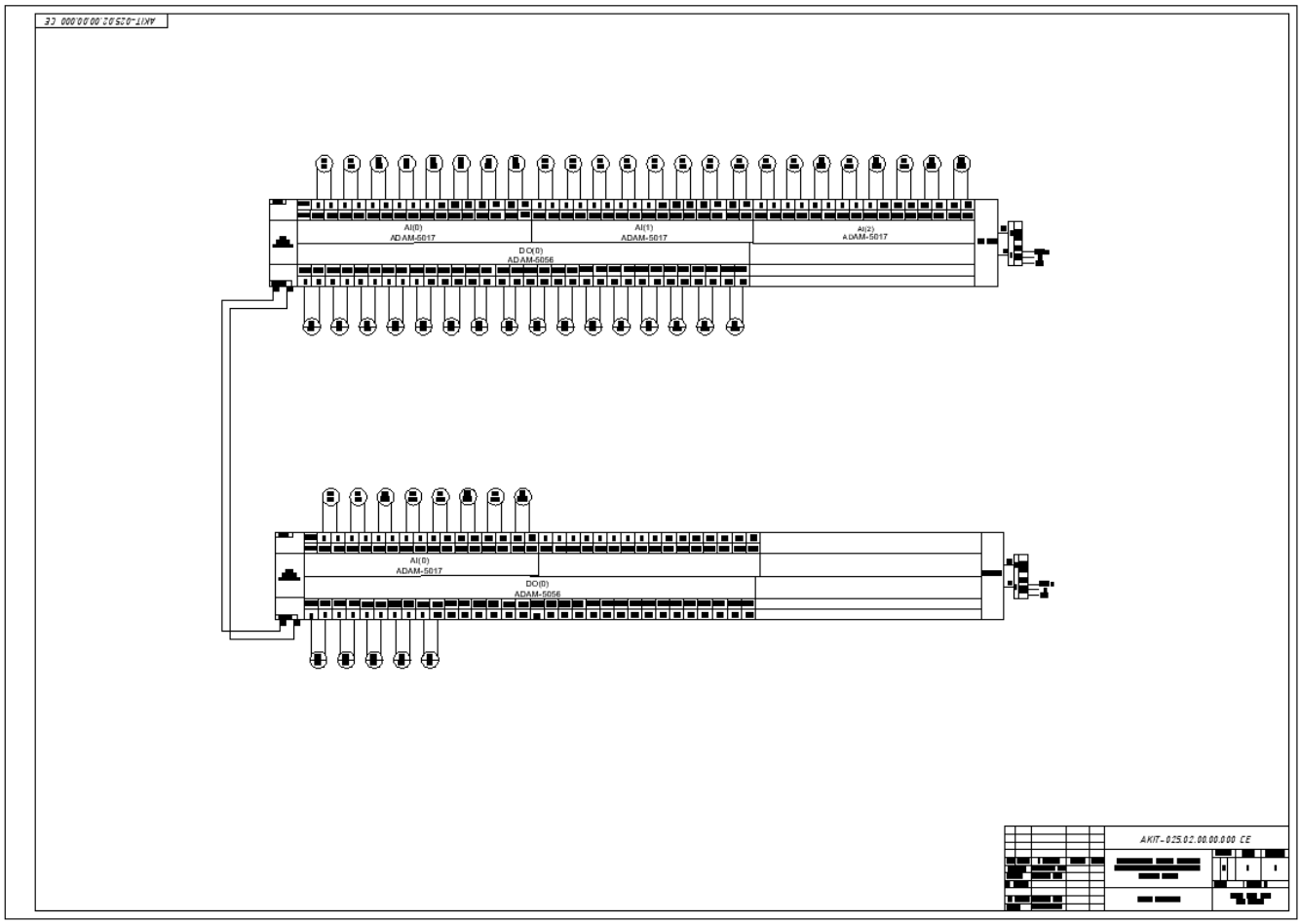


Рисунок 29 – Електрична схема під'єднання датчиків та виконавчих механізмів до мікроконтролера ADAM-5000

В автоматизованому керуванні технологічним процесом застосовуються два контролери ADAM 5510E. В першому три модуля аналогового вводу ADAM 5017 та один модуль дискретного виводу ADAM 5056, в другому два ADAM 5017 і один ADAM 5056.

В таблиці 6 представлено підключення датчиків та виконавчих механізмів до першого модуля контролера ADAM 5017(0).

Таблиця 6 – Підключення датчиків до першого модуля контролера ADAM 5017(0)

Датчик	Вхід модуля	Датчик	Вхід модуля
LE 1-1	Vin0(V0)	LE 3-1	Vin4(V4)
FE 1-3	Vin1(V1)	FE 3-7	Vin5(V5)
LE 2-1	Vin2(V2)	FE 4-3	Vin6(V6)
FE 2-3	Vin3(V3)	LE 1-1	Vin7(V7)

Всі модулі живляться від двох блоків живлення PS-15-24 на 24 В постійного струму потужністю 15 Вт, який підключений до загальної мережі змінного струму 220 В.

Приклад схеми під’єднання датчиків та виконавчих механізмів до модулів мікроконтролера ADAM-4000 наведений на рисунку 30.

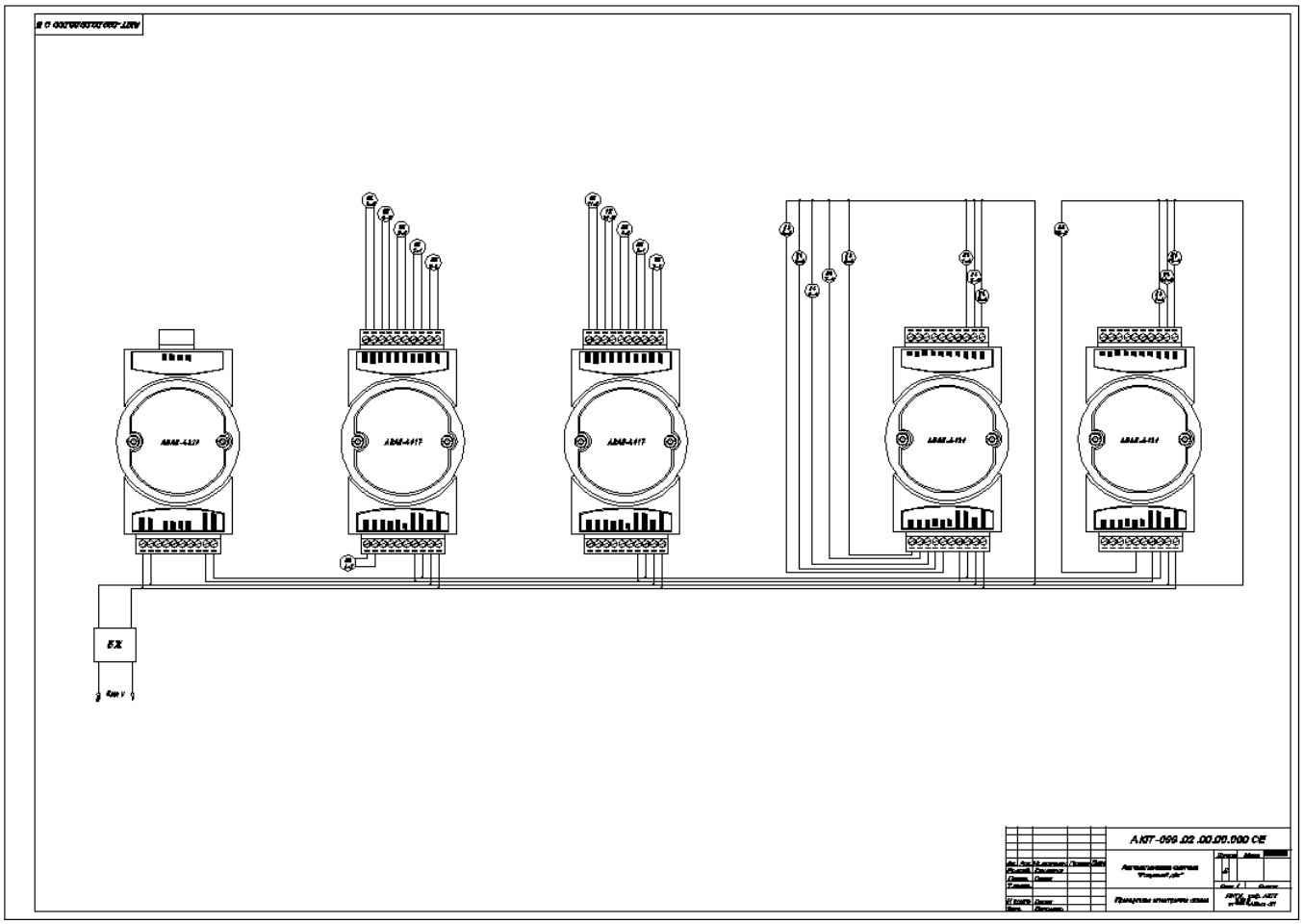


Рисунок 30 – Електрична схема під’єднання датчиків та виконавчих механізмів до модулів мікроконтролера ADAM-4000

Приклад схеми під’єднання датчиків та виконавчих механізмів до мікроконтролера Simatic S7-200 наведений на рисунку 31.

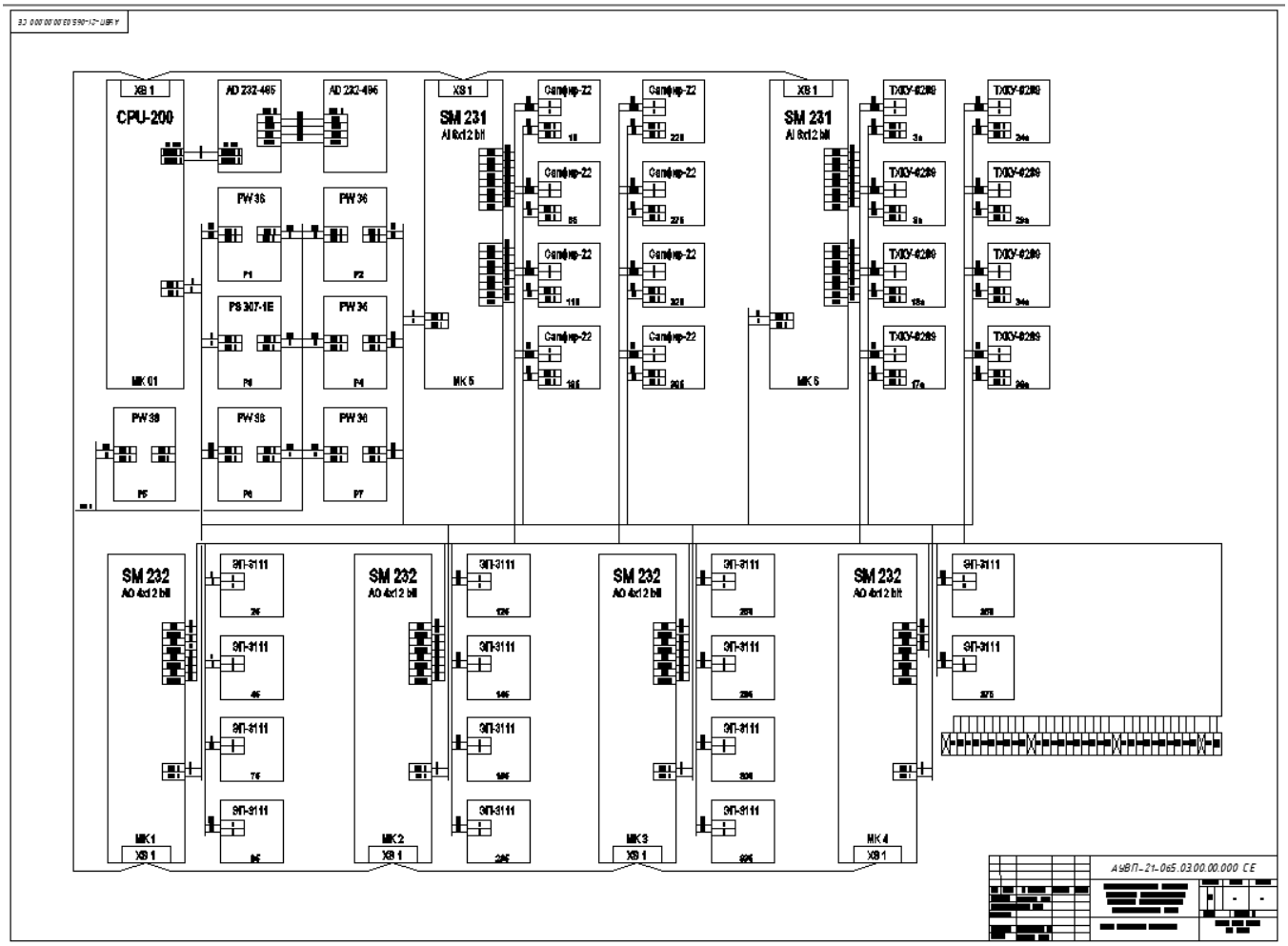


Рисунок 31 – Електрична схема під’єднання датчиків та виконавчих механізмів до мікроконтролера Simatic S7-200

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Що входить до системи збирання даних?
2. Які є типи сигналів, що вимірюються?
3. Які є характеристики аналогових сигналів?
4. Які є характеристики цифрових сигналів?
5. Які шини та порти використовуються для передачі даних?
6. Як під’єднуються пристрої до послідовного порту RS-232?
7. Як під’єднуються пристрої до паралельного порту?
8. Як під’єднуються пристрої до шини GPIB (IEEE488)?
9. Як під’єднуються пристрої до шини USB?
10. Як під’єднуються пристрої до шини Fireware (IEEE 1394)?
11. Що таке порти вводу/виводу?
12. Що таке переривання?
13. Що таке прямий доступ до пам’яті?

14. Що відноситься до апаратури збирання даних?

15. Опишіть типову схема вводу аналогових сигналів.

16. Назвіть типи і характеристики АЦП.

17. Що таке дизерінг?

18. Опишіть вбудовані підсилювальні каскади.

19. Що таке буферизоване збирання даних?

20. Опишіть багатоканальне збирання даних: мультиплексування, одночасність.

21. Назвіть типи і характеристики ЦАП.

22. Що таке буферизований вивід даних?

23. Що таке синхронізація?

24. Що таке асинхронний ввід/вивід цифрових сигналів: лінія, порт?

25. Що таке синхронний ввід/вивід цифрових масивів?

26. Назвіть основні характеристики лічильників/таймерів.

27. Як реалізується генерація цифрових сигналів?

28. Як реалізується підрахунок імпульсів, вимірювання їх параметрів?

29. Назвіть типи датчиків фізичних величин.

30. Назвіть типи систем узгодження сигналів.

31. Які є методи підключення сигналів?

32. Опишіть джерела сигналу «заземлені» і з «плаваючою землею».

33. Охарактеризуйте типи вимірювальних схем: диференціальне підключення, підключення із загальним заземленим і незаземленим провідником.

34. Що таке диференційна вимірювальна система?

35. Що таке синфазна напруга?

36. Опишіть вимірювальні системи із загальним заземленим і незаземленим провідником.

37. Опишіть вимірювання сигналів від різних джерел.

38. Опишіть вимірювання з «плаваючими джерелами» сигналу з «плаваючою землею».

39. Що таке інтелектуальний датчик?

40. Що відноситься до програмного забезпечення системи збирання даних?

41. Якими функціями володіє драйвер?

42. З якою операційною системою працює драйвер?

43. Чи обмежує драйвер продуктивність системи?

44. Які мови програмування можна використовувати з драйвером?

45. Як проектується функціональна схема автоматизації?

46. Наведіть приклад опису функціональної схеми автоматизації.

47. Наведіть принципи вибору технічних засобів автоматизації.

48. Наведіть приклад опису обґрунтування вибору датчиків.

49. Наведіть приклад обґрунтування вибору пристроїв узгодження сигналів.

50. Наведіть приклад обґрунтування вибору промислового контролера.

51. Наведіть приклад обґрунтування вибору джерела живлення автоматизованої системи керування

52. Опишіть принципи розробки електричної схеми автоматизованої системи керування.

53. Наведіть приклад опису принципової електричної схеми підключення датчиків та пускових пристроїв до модулів контролера

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. К: НУХТ, 2020, 316 с. URL: https://nuft.edu.ua/naukova-diyalnist/naukovi-konferencii/ (дата звернення: 06.02.2025).

2. Власенко Л. О., Ладанюк А.П. Формування управління в автоматизованих системах технологічних комплексів (ТК) з урахуванням результатів діагностики та прогнозування URL: http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection_4.pdf (дата звернення: 06.02.2025).

3. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів URL: https://pidru4niki.com/13601004/informatika/informatsiyni_tehnologiyi_ta_modelyuvannya_biznes-protsesiv (дата звернення: 06.02.2025).

4. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. Київ : НУХТ, 2020 316 с. URL: http://surl.li/fupei (дата звернення: 06.02.2025).

5. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів. URL: http://surl.li/mgghz (дата звернення: 06.02.2025).

6. Решетило О. М., Лапченко Ю. С., Стельмащук Г. Л. Автоматизована система керування технологічним процесом виробництва господарського мила. Матеріали X-ої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та студентів «Актуальні проблеми автоматизації та управління». Луцьк: ЛНТУ, 2023. Випуск 10. С. 35-46.

7. Симонюк В. П., Лапченко Ю. С., Денисюк В. Ю., Решетило О. М. До автоматизації освітленості виробничих приміщень за допомогою комбінованого освітлення. Перспективні технології та прилади. Луцьк: ЛНТУ, 2021. С. 122-126.

8. Решетило О. М., Гриб О. В., Магера Б. О. Використання частотних перетворювачів Підприємства Енергоелектроніки «ТВЕРД» в навчальному процесі за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students «Actual Problems of Automation and Control». Lutsk, 2020. Issue №8. С. 125-132.

СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

(укладачі Решетило О. М., Смолянкін О. О.)

ТЕМА 1 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ

1.1 Операційні системи реального часу

Системи жорсткого реального часу забезпечують детерміноване виконання задач, підвищену надійність і вбудоване функціонування. Детерміноване виконання потрібне в задачах динамометричного і електронного управління при тестуванні елементів, де операції повинні виконуватися послідовно протягом чітко визначеного часу. Окрім цього, системи реального часу забезпечують більш високу ступінь надійності, оскільки вони виконують лише один додаток за раз, що робить їх ідеальними для критичних компонентів, наприклад для систем аварійної зупинки. Нарешті, системи реального часу не вимагають взаємодії з користувачем, що дозволяє їм працювати в незалежних або вбудованих системах бортової та віддаленої реєстрації даних. Розробка програми збирання даних для платформи реального часу проводиться на ПК, а тоді завантажується на контролер реального часу.

З операційною системою жорсткого реального часу можна використовувати спеціальне обладнання реального часу, наприклад плати збирання даних серії RT, які містять всі необхідні компоненти для швидкого створення систем реального часу. Кожна плата складається з двох компонентів: процесорної плати та плати збирання даних. Подібно до ПК, процесорна плата серії RT містить:

- процесор;
- набір мікросхем;
- BIOS;
- пам’ять.

Проте у процесорної плати немає жорсткого диска, монітора, клавіатури, мишки та інших, стандартних для ПК, пристроїв вводу/виводу (наприклад, послідовного або паралельного портів). Таким чином, ця плата повинна працювати з основним комп’ютером під час розробки додатку, його відлагодження, роботи з призначеним для користувача інтерфейсом, збереження даних на диск і т.д.

1.2 Програмовані логічні контролери

Ще кілька років тому апаратна реалізація системи управління і контролю залежала від конкретної задачі. Нові рішення в області автоматизації – програмовані контролери для автоматизації (Programmable Automation Controller, PAC), що володіють набагато більшою гнучкістю і функціональністю, ніж власноручно розроблені схеми.

National Instruments Compact RIO належить до класу програмованих контролерів для автоматизації (рис. 1). Контролери PAC розроблені для використання в розподілених контрольно-вимірювальних системах та інтегровані в одному корпусі засобами вводу/виводу аналогових і цифрових сигналів, чисельної обробки даних, комунікації із зовнішнім обладнанням. Технологія PAC дозволяє об'єднати в одному компактному пристрої переваги програмованижх логічних контролерів PLC (компактність, надійність, режим реального часу) і персональних комп'ютерів (висока продуктивність додатків, гнучкість і відносна простота програмування).



Рисунок 1 – Програмований контролер автоматизації NI Compact RIO

Compact RIO складається з модулів вводу/виводу, реконфігуруємої ПЛІС (програмована логічна інтегральна схема, FPGA) та контролера реального часу (рис. 2). Існує безліч типів модулів вводу/виводу, наприклад ±80 мВ вводу з термопар, ±10 В синхронізованого аналогового вводу/виводу, диференціального/TTL, цифрового вводу/виводу і т.д.

Модулі вводу/виводу встановлюються в чотирьохслотове реконфігуруєме шасі з ПЛІС. ПЛІС є матрицею логічних вентилів, логіка роботи і перемикання яких може бути задана програмним чином. Розробники обладнання використовують ПЛІС в основному через їх малі розміри, високу продуктивність, мале енергоспоживання і можливість швидкої модифікації логіки роботи. Вбудована в Compact RIO ПЛІС з'єднана зі всіма модулями вводу/виводу, які встановлені в шасі, за топологією зірка, що забезпечує можливість прямого доступу до кожного з них, і дозволяє здійснювати їх гнучку і точну синхронізацію.

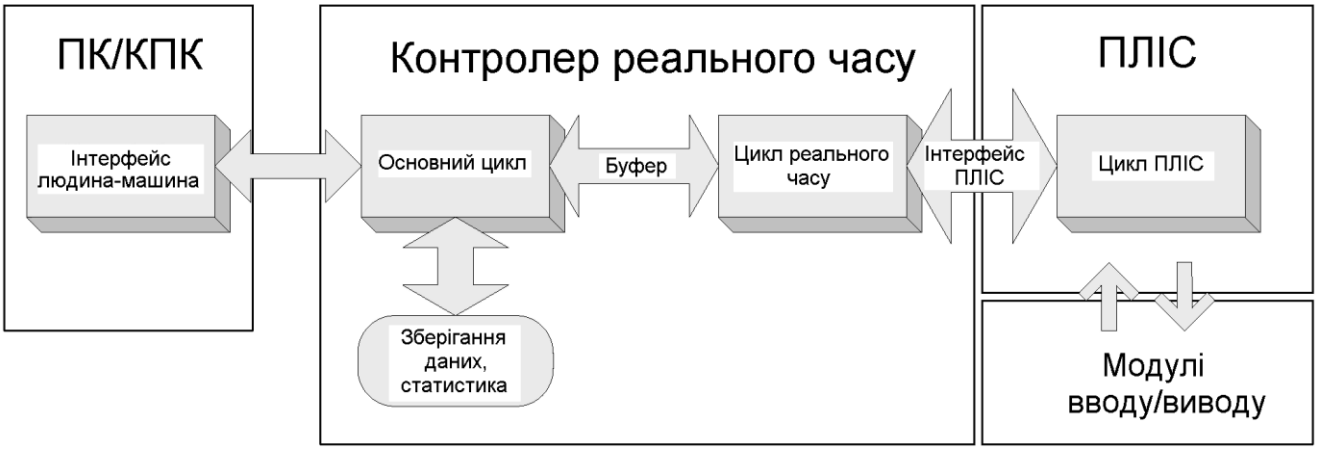


Рисунок 2 – Програмна архітектура підсистеми NI cRIO

Допускається виконання циклів цифрового вводу/виводу на частотах до 1 МГц, а операцій булевої логіки з тимчасовим тактом 25 нс. LabVIEW FPGA module дозволяє програмувати ПЛІС на графічній мові LabVIEW.

Локальна шина PCI здійснюється зв'язок ПЛІС з контролером реального часу. Контролер, що оснований на промисловому процесорі з частотою 200 МГц (підтримуються операції з плаваючою комою), володіє власною оперативною і Flash-пам'яттю, а також спеціалізованою операційною системою реального часу. Підтримуються стандартні засоби комунікації: Ethernet (TCP/IP, UDP), шина RS-232 (з технологією VISA). Програмування контролера проводиться в LabVIEW (необхідний LabVIEWReal-Time module).

ТЕМА 2 ПРОГРАМУВАННЯ ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА

2.1 Розробка програмного забезпечення нижнього рівня автоматизованої системи управління технологічним комплексом

На основі функціональної схеми автоматизації, в залежності від моделі обраного контролера, розробляється алгоритми та на сумісній мові програмування програма функціонування контролера.

2.2 Приклад розробки програми роботи контролера

Приклад блок-схеми функціонування автоматизованої системи керування наведений на рисунку 3.

Приклад структурної схеми програми для мікроконтролера ADAM-5000 приведений на рисунку 4.

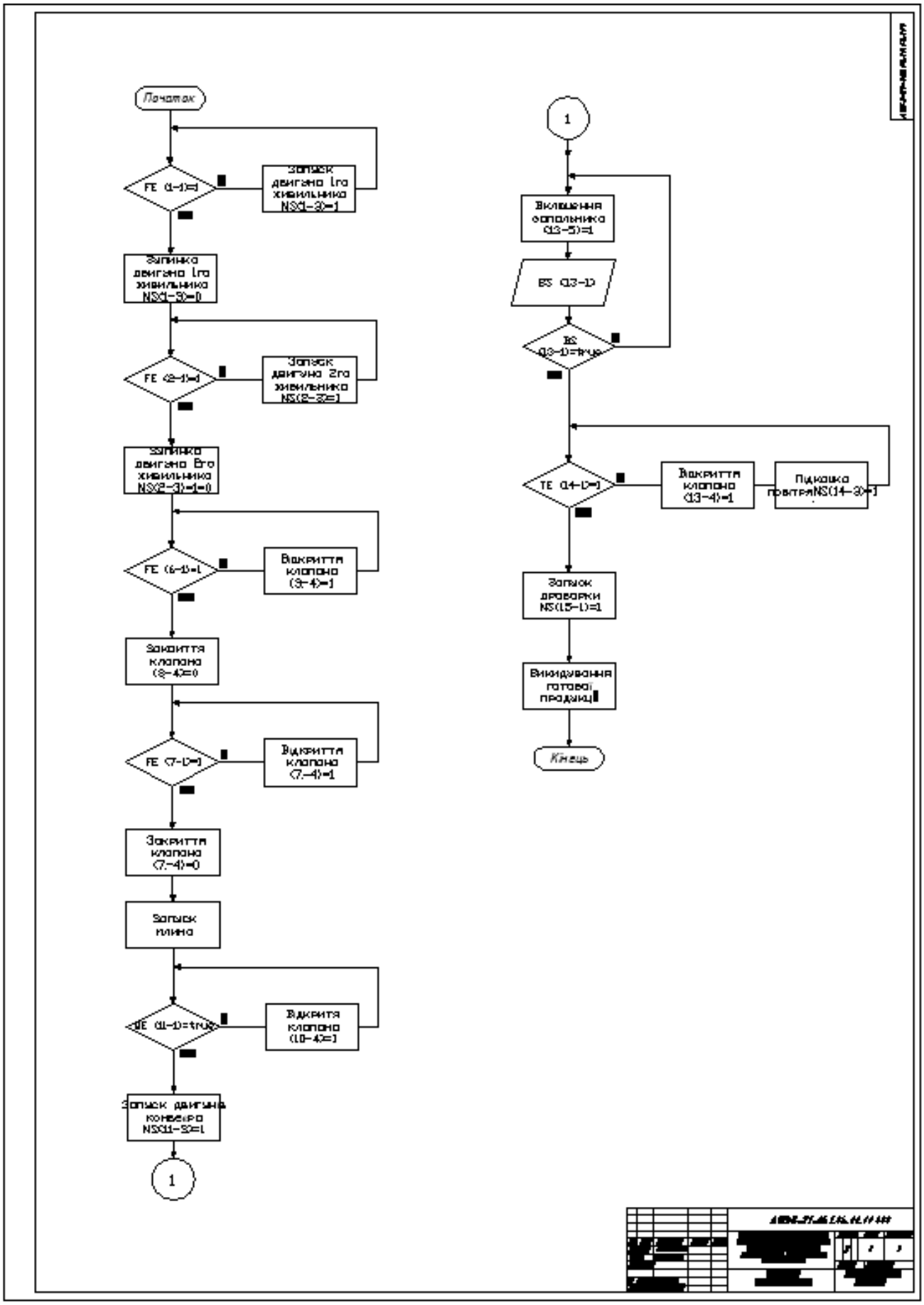


Рисунок 3 – Блок-схема функціонування автоматизованої системи керування

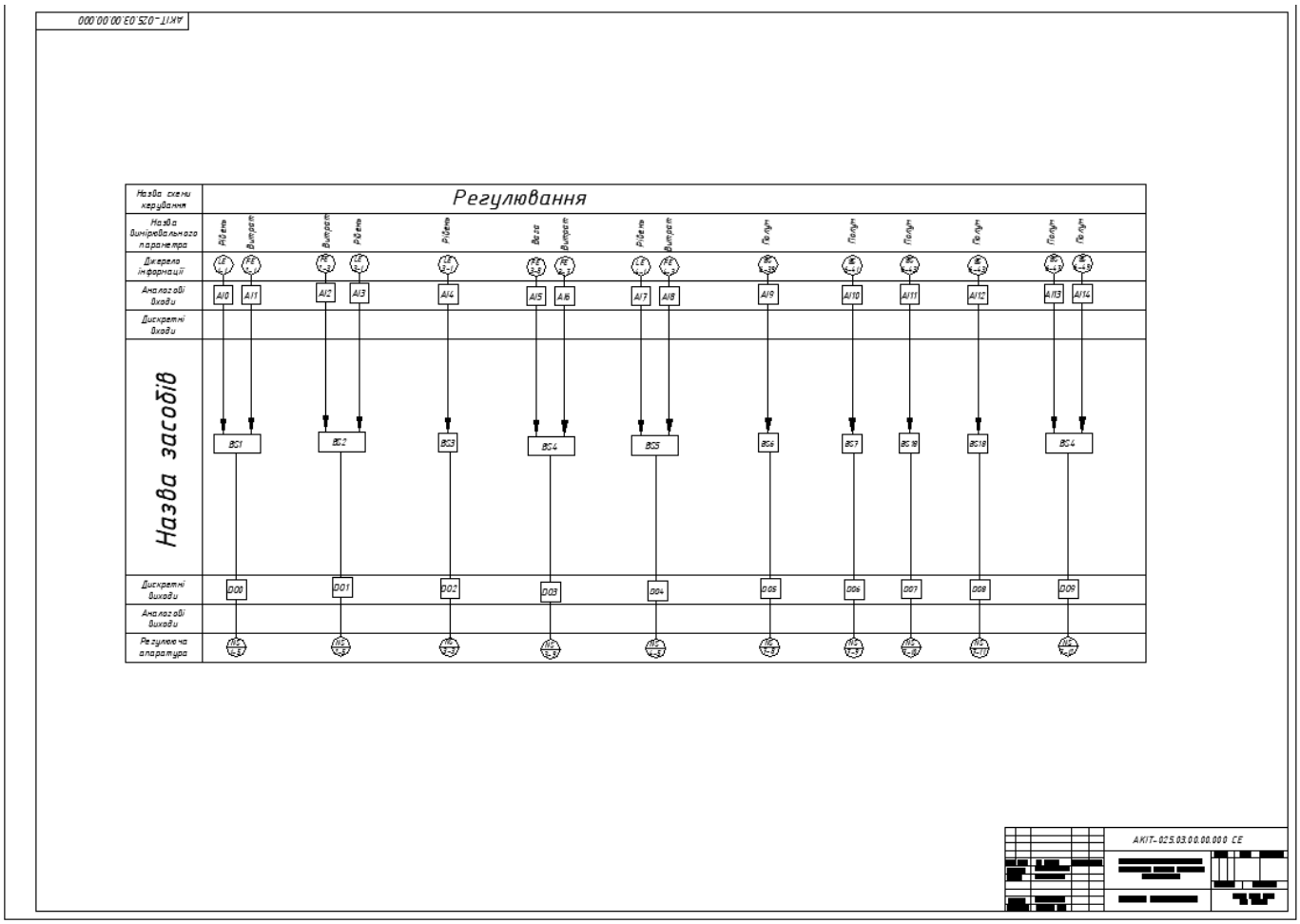


Рисунок 4 – Структурна схема програми функціонування мікроконтролера ADAM-5000

Для програмування контролерів серії ADAM-5000 використовують наступні програмні продукти C/C++, AdamView та UltraLogic.

Для написання програми використовується безкоштовне середовище програмування контролерів даної серії AdamView.

Всі датчики мають аналогові виходи, тому підключаєм їх до блоків AI, а пускачі до DO. Виходи DO з’єднуємо з відповідним NS.

Сигнали з датчиків LE 1-1 та FE 2-1 подається на AI0 таAI1, з якого йде на блок BasicScript (лістинг 1).

Лістинг 1 – Програма зчитування даних з датчиків

```
Sub SCR1()
  set le = GetTag("TASK1", "AI0")
  set fe = GetTag("TASK1", "AI1")
if le < lezad and fe < fezad  then
   outputi 0,1
```

```
 else
    outputi 0,0
end if
End Sub
```

кінець лістингу 1

Приклад програми функціонування мікроконтролера Simatic серії S7 на мові релейних схем (сходинкових діаграм) наведений на рисунку 5.

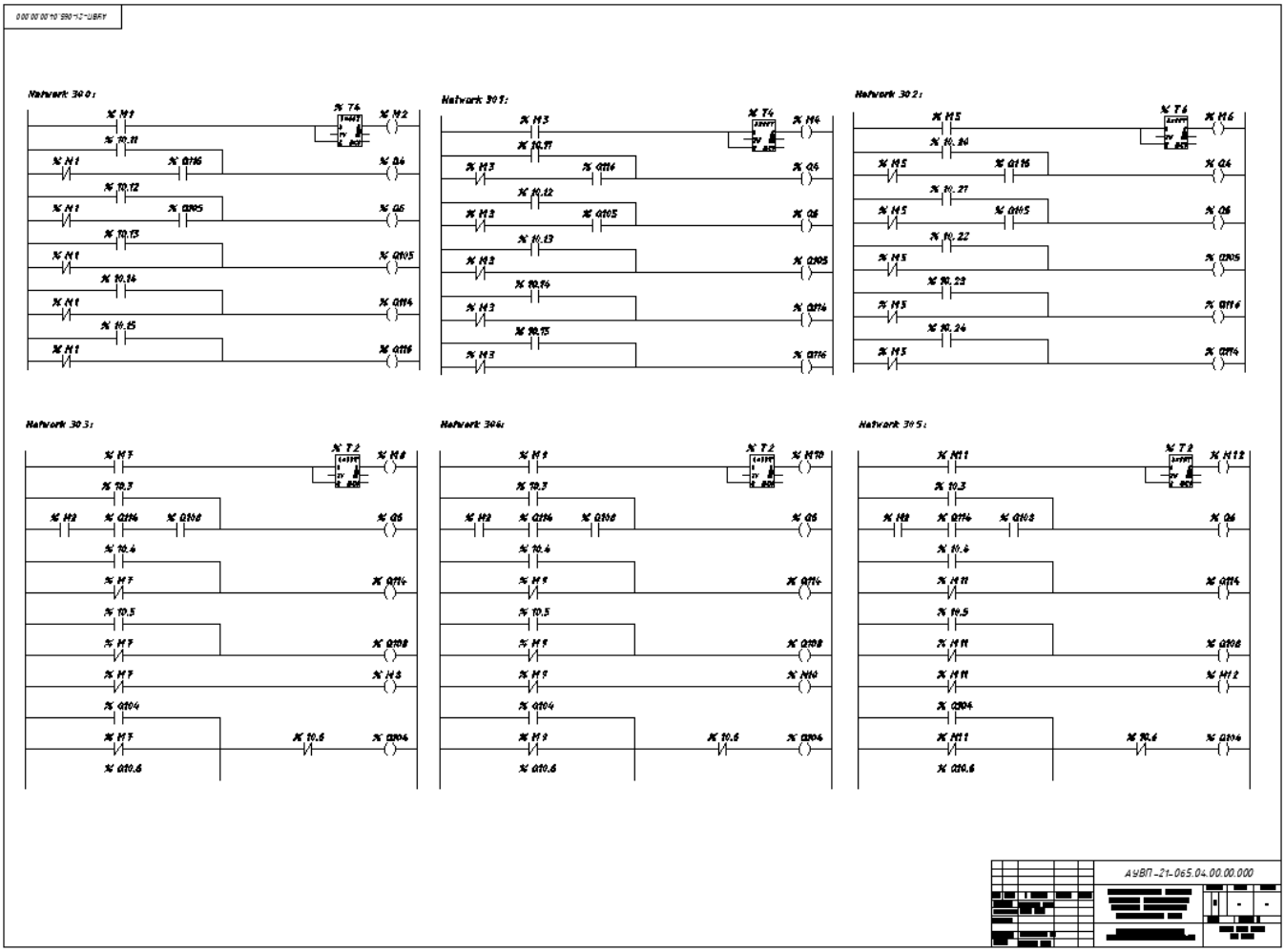


Рисунок 5 – Програма функціонування мікроконтролера Simatic серії S7 (мова релейних схем або сходинкових діаграм)

ТЕМА 3 ВИКОРИСТАННЯ SCADA-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

3.1 Сучасний стан автоматизації

Автоматизація виробництва дозволяє підвищити якість і знизити собівартість продукції. Це процес постійної модернізації устаткування і програмного забезпечення, пошуку нових, більш ефективних рішень.

Автоматизована система являє собою сукупність керованого об'єкта й автоматизованих керуючих пристроїв і складається із системи автоматики і системи супервізорного (операторського) керування.

АСУ ТП – є системами організаційно-технічними, що означає наявність функцій, які виконуються людиною (оператором), спостереження за контрольно-вимірювальними пристроями і безпосереднім ручним керуванням технологічним процесом.

3.2 Роль і місце SCADA-системи в сучасному виробництві

В умовах комплексної автоматизації, процес керування виконують програмовані логічні контролери. Оперативна пам'ять контролерів містить дані про поточний стан технологічного процесу у виді технологічних змінних. Засоби передачі даних дозволяють зчитувати ці змінні персональним комп'ютером і надавати для використання в АСУ технологічним процесом і АСУ підприємством.

Для створення АСУ підприємством, як правило, використовуються стандартні засоби для розробки СУБД, при чому технологічні дані можна використовувати для обліку й аналізу. Для створення АСУ технологічним процесом використовують спеціалізовані програмні засоби – SCADA-системи. За допомогою них можна створювати автоматизовані робочі місця (АРМ) на основі персональних комп'ютерів для супервізорного керування виробництвом. Кожний оператор із свого робочого місця має доступ до даним, що зберігаються на головній ЕОМ по мережі і може як контролювати їх, так і змінювати, тобто управляти технологічним процесом.

Створення автоматизованих робочих місць надає наступні переваги:

1) дозволяє замінити громіздкі, незручні, дорогі панелі керування на персональні комп'ютери. Це зменшує робочу площу, робить робоче місце більш зручним, простим, наочним і значно знижує його вартість;

2) робить систему керування більш гнучкою, так для того, щоб додати декілька сигналізаційних ламп або керуючих важелів не потрібно повністю змінювати всю панель, а можна лише зробити невеликі зміни в комп'ютерній програмі;

3) полегшує аналіз і керування технологічним процесом – оскільки програмне забезпечення дозволяє подавати дані в самому різноманітному вигляді (графіки, діаграми, рівні, зміна положення, кольору і т.д.), дозволяє зберігати дані тривалий час, а керування проводиться натисканням клавіші або натисканням відповідної кнопки маніпулятора типу “миш».

Проте, всі переваги використання автоматизованих робочих місць на персональних комп’ютерах неможливі без наявності необхідного спеціалізованого програмного забезпечення, яким є SCADA-системи.

Система супервізорного керування і збору даних (SCADA-система) – це сукупність пристроїв керування і моніторингу, а також засобів їх взаємодії з технологічним об’єктом. Сьогодні під терміном SCADA-система розуміють набір програмних і апаратних засобів для реалізації операторських робочих місць, а оскільки програмні засоби є тут визначальними, то найчастіше про SCADA-системи говорять лише як про програмне забезпечення.

SCADA-системи (Supervising Control and Data Acquisition) – це цілий клас програмного забезпечення. Кожна система містить у собі інструментальні засоби для створення інтерфейсу користувача робочих місць операторів, виконавчі модулі і засоби взаємодії з технологічним процесом.

3.3 Основні функції SCADA-системи

SCADA-системи виконують наступні функції:

1) приймання, первинне опрацювання і накопичення інформації про параметри технологічного процесу, стан устаткування від промислових контролерів нижніх рівнів, датчиків та інших цифрових пристроїв, які безпосередньо пов’язані з технологічною апаратурою;

2) зберігання прийнятої інформації в архівах;

3) повторне опрацювання прийнятої інформації;

4) відображення інформації про поточні параметри технологічного процесу на екрані ЕОМ у виді графічних мнемосхем;

5) графічне представлення ходу технологічного процесу, а також прийнятої та архівної інформації в зручній для сприйняття формі;

6) приймання команд оператора і передача їх на адресу контролерів нижніх рівнів і виконавчих механізмів;

7) реєстрація подій, що пов’язані з контрольованим технологічним процесом і діями персоналу, який відповідає за експлуатацію та обслуговування системи;

8) оповіщення експлуатаційного й обслуговуючого персоналу про виявлені аварійні події, які пов’язані з контрольованим технологічним процесом і

функціонуванням програмно-апаратних засобів АСУ ТП, із реєстрацією дій персоналу в аварійних ситуаціях;

9) формування звітів та інших документів на основі архівної інформації;

10) обмін інформації з автоматизованою системою керування підприємством;

11) безпосереднє автоматичне керування технологічним процесом на основі зібраних даних і правил (критеріїв), виконання яких забезпечує найбільшу ефективність і безпеку технологічного процесу, у відповідності з заданими алгоритмами.

SCADA-система збирає інформацію про технологічний процес, забезпечує інтерфейс з оператором, зберігає історію процесу і здійснює автоматичне керування процесом в тому обсязі, в котрому це необхідно.

MMI (Man Machine Interface – людино-машинний інтерфейс) – це поєднання функцій автоматичного керування й операторського інтерфейсу на одному комп'ютері, що дозволяє заощадити кошти на апаратних засобах.

Однак воно моє ряд негативних наслідків.

По-перше, операційна система операторської станції не забезпечує необхідну для конкретного технологічного процесу швидкість і детермінованість реакції SCADA-системи.

По-друге, неправильні дії оператора або запуск ним несанкціонованого програмного забезпечення може викликати втрату роботоздатності і «зависання» операторської станції.

Функції можуть виконуватися прикладною програмою, що розроблена на будь-якій мові високого рівня загального призначення.

SCADA-системи є інструментом для ефективної розробки програмного забезпечення верхнього рівня АСУ ТП.

SCADA має вмонтовану підтримку пристроїв вводу-виводу, що, з одного боку, обмежує користувача у виборі технічних засобів, на базі яких будується система, а з іншого боку, дуже ускладнює реалізацію підтримки як наявних на об'єкті контролерів і пристроїв зв'язку з об'єктом, так і нових серій та моделей контролерів і пристроїв.

На сьогодніщній день найбільш розповсюдженими є SCADA-системи Genie 3.0 і Genesis 32 (Iconics, США), Trace Mode 5.0, RTWin, RealFlex (Bj Software Systems, США), Sytex (Jade Software, Англія) і пакети візуалізації – Sammi (Kinesix, США), Tilcon Real-Time Developer (Tilcone Software, Канада) і Process Vision (Combale Technologes, Канада).

3.4 Засоби для побудови систем керування енергоресурсами

Багато пристроїв RTU (Remote Terminal Unit), крім моніторингу аналогових і дискретних сигналів, орієнтовані також на вимірювання електричних параметрів або на облік потоків газу, пари, води та інших фізичних величин. Використовуючи SCADA-систему, користувач одночасно реалізує функції дистанційного моніторингу – керування і функції технічного або комерційного підрахунку енергоресурсів. Вміле використання цієї інформації дозволяє оптимізувати технологічні процеси, зменшити час простою виробничих потужностей, планувати розвиток і, в остаточному результаті, впливати на собівартість продукції і показники рентабельності підприємства.

3.5 Системи SCADA/RTU: термінологія

Абревіатури HMI/SCADA, MMI/SCADA – це «системи візуалізації і моніторингу», «людино-машинний інтерфейс», «програмне забезпечення верхнього рівня», і т.д.

Вони виконують наступні функції: створення мнемосхем за допомогою графічного редактора, їх анімація, збір даних від контролерів по мережах, архівація, відображення у вигляді графіків (трендів), формування різноманітних звітів і вивід їх на друк.

Визначення 1: SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – система супервізорного керування і збору даних.

Система керування і моніторингу, що містить програмно-апаратні засоби, які взаємодіють між собою через глобальні мережі (WAN – wide area network).

Система складається з:

1) SCADA Host – основного вузла SCADA;

2) MTU (використовується не завжди) – Master Terminal Unit – основний термінальний пристрій («термінальний» – у значенні «кінцевий»);

3) RTUs – Remote Terminal Unit – віддалений термінальний пристрій;

4) комунікаційного устаткування і середовища передачі даних.

Це визначення однозначно ідентифікує SCADA, по-перше, як систему, що складається з багатьох компонентів і, по-друге, як систему, що призначена для моніторингу і дистанційного керування на великих (десятки і сотні кілометрів) відстанях.

Відповідно до англомовної термінології і західної класифікації додатків, виробничі процеси й об’єкти, які управляють АСУ, прийнято поділяти на наступні категорії:

1) Manufactoring – мануфактурні виробництва (опрацювання матеріалів, фасування, упаковка, сюди ж можна віднести поточно-транспортні виробництва) із

переважанням опрацювання дискретних сигналів;

2) Continuous – неперервні (реактори, печі, чани) із переважанням аналогового опрацювання;

3) Batch – групові (дозуючі пристрої, змішувачі і т.п.), де підготування компонентів асоціюється з одночасним опрацюванням (наприклад, приготування напівфабрикатів у змішувачі в заданих пропорціях, накопичення маси кожного компонента в бункерах дозаторів і т.п.) і наступним етапом опрацювання;

4) Utility Menegement – керування «утилітами», тобто всіма установками і спорудами, що забезпечують життєдіяльність промислових і непромислових будинків і об'єктів інфраструктур (передача енергоресурсів, вода, газ, тепло і контроль їх розподілу) на великих відстанях;

5) Building Manegement Systems (BMS) – системи керування будинками. Іноді, їх можна розглядати як різновид систем у секторі Utility, хоча вони відрізняються не тільки по довжині комунікацій, але і по ряду додаткових функцій (комплексне керування в будинках освітленням, теплопостачанням, подачею води, газу, керування тарифами, контроль доступу і т.п.).

Якщо для перших трьох типів процесів характерні опрацювання і керування виробничими процесами в реальному часі (або близько до нього), то для Utility і BMS секторів основними функціями є збір інформації, моніторинг об'єктів і дистанційне керування в режимі некритичному в часі. Відповідно до вітчизняної термінології, АСУ перших трьох типів процесів можна класифікувати як АСУ ТП у виробництві, а четверту – як АСУД (Д – диспетчеризації).

SCADA-системи найбільше поширені в секторі Utility, до якого відносяться:

1) транспорт нафти і газу;
2) водоочисні споруди і водопостачання;
3) передача і розподіл електроенергії;
4) інші додатки (куди входить і теплопостачання).

Визначення 2: SCADA Host – це основний вузол SCADA.

Мікропроцесорний пристрій, що використовується для супервізорного контролю-керування і моніторингу в SCADA-системі й організації людино-машинного інтерфейсу. Простіше говорячи, SCADA Host і є той SCADA/HMI інструмент.

Якщо SCADA-система все частіше базується на PC і працює під операційною системою Windows NT, то HMI може бути просто промисловою панеллю – 2-рядкової, 4-рядкової і т.д. аж до 10-14 дюймових графічних.

Якщо раніше в якості SCADA Host використовувалася UNIX система, то зараз віддають перевагу PC із відповідним програмним забезпеченням під керуванням операційної системи Windows NT.

Визначення 3: MTU – Master Terminal Unit – основний термінальний пристрій.

Мікропроцесорний пристрій, що іноді використовується в SCADA-системі як концентратор даних для SCADA Host, а також може дублювати RTU.

Визначення 4: Remote Terminal Unit – віддалений термінальний пристрій.

Мікропроцесорний пристрій, що традиційно використовується для збору і контролю аналогових і дискретних сигналів, і виконання дистанційних команд керування, які одержуються прямо від SCADA Host.

RTU під'єднується до SCADA Host через різноманітні комунікаційні інтерфейси та використовує спеціальні протоколи прийому і передачі даних. Цей пристрій може мати пам'ять для тимчасового зберігання (із наступною передачею на SCADA Host) і реалізовувати складні або прості алгоритми їх опрацювання.

3.6 Типи, протоколи і функції RTU

Розрізняють три основні типи SCADA-систем:

1) великі – більш ніж 500 RTU;
2) середні – від 100 до 500 RTU;.
3) малі – менше ніж 100 RTU.

В якості засобів зв'язку в SCADA-системах використовуються модеми, телефонні і радіоканали, супутники.

В якості комунікаційних протоколів різні виробники RTU використовують протоколи UCA, IEC-870-5, HART і інші. Однак самим розповсюджений є Modbus.

Звичайно, RTU являють собою конфігуруємі (причому і дистанційно) пристрої і не потребують програмування. Вони мають достатню пам'ять для збереження даних, реєстрації аварійних ситуацій і/або наступного аналізу подій у надзвичайних ситуаціях.

Важливою функцією RTU є наявність вмонтованих алгоритмів обчислення різноманітних розмірів, таких як потоки й об'єми газу, нафти та інших рідин. Ці алгоритми відповідають стандартам різних країн (AGA, API), або міжнародним (ISO). Такі алгоритми використовуються в SCADA-системах у транспорті нафти і газу, а в галузі розподілу електроенергії популярністю користуються інші функції, наприклад, SER – Sequence of Event Recording, тобто «Запис Послідовності Подій». Ця функція відповідає за реєстрацію послідовності дуже швидких подій, наприклад, лавиноподібного відключення споживачів електроенергії у випадку аварійної ситуації.

Водночас, класичні RTU все менше відповідають сучасним вимогам промисловості. RTU бувають орієнтовані тільки на виконання однієї або двох функцій. Однак крім цих функцій для додатків необхідні також функції виконання,

що програмуються логікою, ПІД-регулювання та інші. Класичний PLC, володіючи всіма вищезгаданими функціями, дозволяє об'єднати на єдиній апаратно-програмній платформі функції як RTU, так і PLC. Тому існує чітка тенденція використання PLC замість класичних RTU. Сучасні технології дозволяють усунути традиційні помилки PLC в задачах RTU, такі як невеликий розмір пам'яті і недостатній температурний діапазон роботи.

3.7 Що таке OPC

OPC (OLE for process control) – це стандарт взаємодії між програмними компонентами системи збору даних і управління (SCADA), який оснований на об'єктивній моделі COM/DCOM фірми Microsoft. Через інтерфейси OPC одні додатки можуть записувати або читати дані в інші додатки, сповіщати один одного про нештатні ситуації, здійснювати доступ до даних, які знаходяться в архівах. Ці додатки можуть знаходитися як на одному комп'ютері, так і бути розподіленими по мережі, незалежно від фірми-постачальника стандарт OLE for process control, який признаний та підтримується всіма провідними виробниками SCADA-систем.

Особливий клас OPC додатків це OPC сервери конкретних апаратних приладів (вони постачаються багатьма виробниками апаратури). OPC сервер створює абстракцію апаратури, дозволяє кожному OPC клієнту записувати і зчитувати дані з приладу. Прилад, для якого є OPC сервер, може використовуватись з будь-якою сучасною системою.

Тепер у користувача (системного інтегратора чи проектувальника АСУ ТП) з'явилася можливість вибирати оптимальні для своєї системи компоненти, а не орієнтуватися, як раніше, повністю на «монолітні» рішення, які запропоновані тим, чи іншим постачальником. OPC – це свобода вибору.

3.8 Недоліки OPC

OLE™ for Process Control (OPC™) (механізм зв'язування і впровадження об'єктів для збору даних і керування в системах промислової автоматизації) є найбільш загальним способом організації взаємодії між різними джерелами і приймачами даних, такими як пристрої, бази даних і системи візуалізації інформації про контрольований об'єкт автоматизації. OPC забезпечує інтерфейс між додатками-клієнтами і серверами шляхом реалізації стандартного механізму зв'язку між джерелами даних (серверами) і одержувачами даних (клієнтами). Іншими словами, OPC є аналогом технології Plug-&-Play для програмного забезпечення в сфері промислової автоматизації.

Необхідно відзначити, що стандарт OPC оснований на рішеннях, запропонованих компанією Microsoft в рамках операційної системи Windows.

Однак, сферу застосування OPC це звужує не дуже сильно, тому що різні версії Windows є в даний час найбільш розповсюдженою платформою для SCADA-систем.

В традиційній ідеології різні клієнт-сервери чи сервери пристрою мають різні інтерфейси, або драйвери для кожного додатка-клієнта. Оскільки апаратні засоби різних виробників мають різні і причому фіксовані протоколи обміну, то архітектура додатків-клієнтів також є унікальної в кожному конкретному випадку. Це призводить до збільшення часу розробки і вартості АСУ ТП, а будь-яка зміна внесена виробником у пристрій, чи протокол обміну, вимагає внесення змін у функціонуючу систему.

Архітектура клієнт-сервер, яка основана на технології OPC, дозволяє вирішити дану проблему.

В даному випадку пристрій кожного виробника може мати єдиний стандартний драйвер, що сумісний з OPC (OPC сервер). При цьому додатки, що відповідають специфікації, яка вироблена для клієнта OPC (OPC клієнти), можуть обмінюватися даними з пристроями будь-якого виробника. Більшість ведучих виробників апаратних засобів для промислової автоматизації вже постачає OPC сумісні драйвери для своїх контролерів та інших пристроїв збору даних і керування, в той час як всі відомі розробники SCADA-систем в тому чи іншому ступені або вже вмонтували підтримку специфікації OPC у свої продукти, або оголосили про свої плани зробити це найближчим часом.

Звичайно, не буває засобів, які вирішують одразу всі проблеми. OPC може використовуватись тільки там, де встановлений Microsoft DCOM, а це на сьогоднішній день – Windows NT, Windows 95/98, і, теоретично, деякі системи родини Unix. У Windows CE (від Microsoft) на даний час DCOM відсутній, однак спроби перенести OPC на цю платформу вже здійснюються. В цілому, OPC – це інтерфейс для системи верхнього рівня. PLC, YCO, і т.д. – представлені для неї у вигляді OPC серверів.

Крім цього, OPC не забезпечує роботу в жорсткому реальному часі, тому в DCOM відсутнє поняття якості обслуговування, крайніх термінів і т. п. В той час існує контроль за старіючими даними: кожне значення, яке передається (тег) супроводжується міткою часу походження (time stamp). Не дивлячись на те, що вимоги жорсткого реального часу не виконуються, реальна частота передачі даних порядку 50 мс. досягається без будь-яких мір.

Не потрібно думати, що будь-який прилад можна «просто так» через OPC під’єднати до будь-якої SCADA-системи – для цього потрібно мати OPC сервер. Його можна отримати разом з приладом, придбати, або написати самостійно. Останнє не так вже й важко – це є найкращим рецептом при модернізації вже

сформованих систем управління, де використовується нестандартна апаратура. Так можна отримати повністю «сучасне» обличчя системи (використовуючи, наприклад SCADA-систему Genesis 32 фірми Iconics), зберігши при цьому перевірений апаратний та навіть програмний заділ.

3.9 Як працює OPC

Реалізація OPC полягає на об'єктивній моделі COM/DCOM фірми Microsoft. COM – це Component Object Model – багатокомпонентний об'єкт, який дозволяє віддаленим програмним об'єктам додатку викликати ті чи інші функції цих об'єктів так, ніби вони знаходяться "поруч». Об'єкт дійсно може знаходитись "поруч» (в адресному просторі) – тоді це просто COM.

Якщо ж об'єкт знаходиться в іншій програмі на тому ж комп'ютері чи на іншому вузлі мережі, то це DCOM – Distributed COM (розподілений COM). В цьому випадку виклик будь-якого об'єкта перехоплюється спеціальним агентом-посередником, тобто proxi/sytub DLL, який виконує роль представника об'єкту у клієнті, до якого звернувся.

Proxi/sytub DLL упаковує параметри функції: передає виклик операційній системі, яка доставляє виклик куди потрібно, тобто примушує реальний об'єкт виконувати задану функцію. Тоді результат повертається до клієнта.

Зручність DCOM полягає в тому, що клієнту не потрібно знати, де реально знаходиться об'єкт.

OPC-взаємодію основано на клієнт-серверній схемі. Коли OPC клієнт викликає певні функції об'єкту OPC серверу, то він підписується на одержання даних з визначеною частотою. В свою чергу OPC сервери, опитавши фізичний прилад, викликають відомі функції клієнта, повідомляючи його про одержання даних, передають самі дані. Таким чином, при OPC взаємодії використовуються як прямі COM-виклики (від клієнта до сервера), так і обернені (call back від сервера до клієнта). Це потрібно врахувати при настроюванні безпеки DCOM Windows NT: якщо клієнт "бачить» дані, але не одержує їх, то значить, що система безпеки NT блокувала зворотні виклики.

Стандарт OPC, на відміну від застарілого DDE (Dinamic Data Exchange), хоча і основаному на універсальному фундаменті – COM/DCOM, розроблявся спеціально для використання в промисловій автоматизації, тому він має забезпечену концептуальну сторону, тобто, насправді, свою проблематично-орієнтовану модель взаємодії, яка і реалізована через сукупність COM-інтерфейсів. Ця концептуальна сторона в певному ступені незалежна і являє самий великий інтерес, особливо для користувача-програміста.

3.10 Конвенція стандарту OPC

Стандарт OPC складається з наступних основних специфікацій:

1) доступ до даних реального часу (Data Access);
2) обробка тривог і подій (Alarms & Events);
3) доступ до історичних даних (Historical Data Access).

Відповідно і OPC серверів теж може бути 3 види.

OPC сервери фізичних приладів є тільки серверами даних (Data Access Servers).

Сервери тривог формують логічні стани (Conditions). Стани міняють свої значення, якщо змінна вийшла за границю. Про зміну сервер тривог сповіщає клієнтів, відсилаючи подію, а клієнт повертає серверу підтвердження, що він тривогу прийняв. Але мають існувати стани, які не пов'язані з будь-яким параметром і сервером, що управляються.

Сервери історичних даних одержують від серверів даних параметри в реальному часі і архівують їх, а тоді подають ці дані іншим.

Центральне місце серед спеціалізацій OPC займає доступ до даних реального часу (Data Access). Це сама стара і опрацьована специфікація. ЇЇ базовим поняттям є елемент даних (Item). Кожен елемент даних (тобто фактично параметр технологічного процесу) має значення, час останнього оновлення і ознаки якості, яка визначає ступінь достовірності значення. Значення можуть бути практично будь-якого скалярного типу. Час надається із 100-наносекундною точністю (насправді – це Filetime Win32 Api). Якість – це код, який містить у собі грубу оцінку достовірності параметру – Uncertaine, Good & Bad (невизначено, добре і погано), а на випадок поганої оцінки – ще й розшифровку, наприклад, несправність датчика.

Наступним по ієрархії є поняття групи елементів (OPC Group). Група застосовується OPC сервером по вимозі клієнта, який потім може добавити в групу елементи. Для групи клієнтів задається частота оновлення даних, і всі дані в групі сервер намагається оновити і передавати клієнту із заданою частотою. Клієнт може створити на сервері декілька груп, які відрізняються частотою обновлення. Для кожного клієнта, крім так званих публічних груп, завжди створюється своя група, навіть якщо зміст елементів і частота оновлення співпадають. Від'єднання клієнта призводить до знищення створених для нього груп.

Елемент в групі – це клієнтські посилання на деякі реальні змінні, які знаходяться на сервері чи у фізичному приладі.

Поняття тега специфікацією OPC не визначається. Елементи в групі клієнт добавляє по іменах, які є іменами тегів. Клієнт може або зняти потрібні імена, або запросити список імен тегів у сервера.

Для запиту імен тегів служить інтерфейс Iopc Browse Server Address Space, за допомогою якого сервер описує клієнту свій “простір імен». Наприклад: Прилад 1. Модуль 2. Аналоговий Вхід 3.

При доповненні елемента в групу, клієнт завжди вказує його повне ім’я.

Причому, групи, які створюються клієнтом на сервері, не повинні співпадати з підрозділами простору імен серверу. Елементи в групу добавляються по різному. Єдине, що їх об’єднує – це спільна частота оновлення і синхронність відправлення клієнту.

На верхній ступені ієрархії понять знаходиться сам OPC сервер. З всіх перерахованих (OPC група, OPC елемент) він єдиний є COM – об’єктом. Всі інші об’єкти доступні через його інтерфейс.

Обмін даними між клієнтом і сервером може здійснюватися в двох режимах – синхронному і асинхронному. У другому варіанті обміну сервер сам сповіщає клієнта про значення даних, що змінилися, на які підписався клієнт. При синхронному клієнт здійснює ініціативне читання чи запис даних. Запис може бути тільки синхронним.

3.11 Стандартизація

Стандарт OPC розробляє незалежна організація – OPC Foundation, яка нараховує близько 170 членів, серед яких Siemens, Fisher-Rosemount, Honeywell, Rockwell, Iconics та ін. Тобто практично всі відомі компанії-виробники SCADA-систем і обладнання для промислової автоматизації. Технічна діяльність OPC Foundation здійснює в робітничих групах по наступних напрямках:

- доступ до даних реального часу OPC;
- обробка тривог та подій;
- захист даних;
- підтвердження відповідності стандартам OPC;
- доступ до юридичних (архівних) даних;
- Windows CE.

На сьогоднішній день випущена друга версія специфікації (версія 2.0), яка визначає інтерфейс доступу до реального часу (жовтень 1998 р.). До цього існувала специфікація 1.a, яка продовжує підтримуватися OPC клієнтами. Версія 2.0 відрізняється трохи зміненим інтерфейсом, який використовується при з’єднанні з клієнтом. Однак концептуальна сторона залишалась такою, як і раніше.

Відносно недавно з’явилась перша специфікація обробки тривог і подій (Alarms & Events), яка представлена на Web-вузлі OPC Foundation. Специфікація доступу до історичних даних на даний час не затверджена.

3.12 Розробка OPC сервера

Затвердження специфікацій OPC, а також proxy/stub DLL, з інтерфейсом OPC, доступна на Web-вузлі OPC Foundation. Цього достатньо для розробки свого OPC-сервера. Однак розробка сервера з «нуля» – важкий процес, оскільки він пов'язаний з реалізацією інтерфейсів OPC в багатоканальному середовищі.

Найпростіше розробити сервер використовуючи спеціально створені для цього засоби. Так, фірма, Ikonics, відома своєю SCADA-системою Genesis, пропонує OPC Tool Worx, який оформлений у вигляді доповнюючого майстра (Wizard), вбудованого в середовище розробки Visual C++. Майстер генерує "зразковий» проект, в якому потрібна тільки модифікація фрагментів коду, що пов'язаний зі специфікою обслуговуючого приладу чи протоколу. Підтримка OPC взаємодії забезпечується спеціальними класами об'єктів, які не потребують виправлень, тому програміст може сконцентруватися на функціональності свого приладу, не піклуючись про реалізацію власних інтерфейсів. Всі компоненти OPC Tool Worx постачаються у вихідному коді. Для кваліфікованого програміста термін розробки простого OPC сервера з допомогою Iconics OPC Tool Worx становить 3-4 тижні.

У випадку, якщо до сервера не пред'являються особливо жорстокі вимоги до синхронності відновлення даних і не потрібна динамічна реструктуризація простору імен під час його роботи, можна застосувати саме просте і недороге рішення – універсальний OPC сервер фірми Fast Wel. Він створений на базі Iconics Tool Worx і передбачає підключення динамічної бібліотеки (DLL), написаної користувачем, в якій зосереджений весь код, який специфічний для приладу, що обслуговується. Інтерфейс цієї DLL з сервером дуже простий і розробка її для простих приладів займає у кваліфікованого програміста всього 1-3 дні. Разом з універсальним OPC сервером поставляється вихідний текст DLL, який можна використовувати як приклад реалізації.

Достатньо широко відомий також пакет для розробки OPC додатків фірми Intellution. Для розробників АСУ ТП, які використовують SCADA-систему FiX Dynamics, це, безумовно, найкращій вибір. Однак для написання «простих OPC серверів» пакет від Intellution надзвичайно перевантажений «фірмовими» рисами: по суті, розробляється не сервер як такий, а FiX-драйвер, який відкритий всьому світові через OPC інтерфейси.

3.13 SCADA-системи і OPC сервери

Як вже говорилося, практично всі виробники SCADA-систем підтримують OLE for process control, серед них – FiX Dynamix (Intelutions), Genesis 32 (Iconics), Look Out (Nationals Instruments) і т. д. Однак для більшості із них – OPC тільки один

із підтримуючих інтерфейсів взаємодій, їх внутрішня ідеологія, яка побудована напряму, не пов'язана з цим стандартом і часто успадкована від попередніх 16-розрядних версій. Лише Genesis 32 спроектована на основі OPC. Всі компоненти Genesis 32 взаємодіють між собою через OPC, являючись або серверами, або клієнтами, або тими і іншими одночасно. Це придає системі в більшості єдиний стиль, стрункість архітектури і визначає її компонентний характер. Уніфікація інтерфейсів взаємодії дає можливість легко вибирати сукупність компонентів, які дійсно необхідні користувачу. Звичайно у інших SCADA-систем є свої сильні сторони, але Genesis 32 в найбільшій мірі надає своїм користувачам відчути свободу вибору, яку забезпечує OLE for process control.

ТЕМА 4 SCADA-СИСТЕМА GENIE 3.0

4.1 SCADA-система GENIE 3.0

GENIE – це найбільш доступний інструмент для рішення наступних задач:

- інтерфейс оператора;
- збір і обробка даних;
- архівування;
- формування звітних документів;
- робота в середовищі Windows 95/98 ;
- інтуїтивно-зрозумілий графічний інтерфейс;
- створення сценарних процедур на VBA;
- до 1200 змінних за 1 секунду;
- до 8 задач в стратегії;
- необмежена кількість екранних форм в стратегії.

Пакет GENIE 3.0 – це інструментальний засіб для розробки програмного забезпечення верхнього рівня АСУ ТП в області візуалізації даних і оперативного диспетчерського управління.

Пакет GENIE, розроблений фірмою Advantech, є інструментальним засобом для створення програмного забезпечення збору даних і оперативного диспетчерського управління (SCADA), що виконується в середовищі MS Windows 3.X, Windows 95 і Windows 98, може застосовуватися в проектах АСУ ТП масштабу технологічної дільниці і/або цеху з початковим або середнім рівнем складності.

Пакет GENIE складається з двох основних програмних модулів:

1) Побудовувач стратегій GENIE (GENIE. EXE);
2) Виконавче середовище GENIE (GWRUN.EXE).

Побудовувач стратегій використовується для проектування і тестування проектів, що називаються стратегіями, а Виконавче середовище – лише для

виконання стратегій.

В складі пакету є програма встановлення і настроювання пристроїв вводу/виводу, а також набір динамічно компонуємих бібліотек (DLL), які виконують різні функції в процесі розробки і виконання програмного забезпечення SCADA.

GENIE має модульно-орієнтовану відкриту інтегровану архітектуру. відкритість архітектури дозволяє легко реалізовувати взаємодію GENIE з іншими додатками для спільного доступу до даних під час виконання стратегій.

Результат розробки прикладного застосування в GENIE зберігається в файлі стратегії.

Стратегія це сукупність однієї або декількох задач разом з однією або кількома екранними формами і одним основним сценарієм.

Задача, екранна форма і основний сценарій є трьома основними елементами, що використовуються при проектуванні стратегій.

Задача являє собою набір функціональних блоків, що відображаються у вікні редактора задач у вигляді піктограм.

Екранна форма являє собою набір елементів відображення і елементів управління.

Елементи відображення служать для реалізації графічного інтерфейсу користувача, в той час як піктограми блоків приховані під час виконання стратегії.

З'єднання між функціональними блоками в процесі розробки стратегії можуть встановлюватися за допомогою видимих і невидимих зав'язків. З'єднання між піктограмами блоків у вікні Редактора задач є видимими. Таке з'єднання називається провідником. З'єднання між піктограмами блоків і елементами відображення невидимі, тому вони називаються *зв'язками*.

Кожна задача і екранна форма мають власні параметри.

Задача має такі параметри, як період сканування (інтервал часу між поточним і наступним викликом задачі для виконання), ефективний інтервал виконання (абсолютний час виконання задачі), метод запуску і метод завершення.

Екранна форма має наступні параметри: ім'я, стиль відображення вікна, стан та інші. Рекомендується, щоб кількість функціональних блоків не перевищувала 500.

Побудовувач стратегій GENIE містить чотири редактори:

- Редактор задач;
- Редактор форм відображення;
- Редактор звітів;
- Редактор сценаріїв.

Вони використовуються для створення, відладки і модифікації задач,

екранних форм, звітів і сценарних процедур відповідно. Є можливість створення необмеженої кількості вікон в Редакторі задач і в Редакторі форм відображення, однак, оскільки для будь-якої системи може бути тільки один основний сценарій, в Редакторі сценаріїв може бути відкрите лише одне вікно.

4.2 Редактор задач

Редактор задач призначений для реалізації прикладних алгоритмів системи, яка створюється. Для реалізації різних алгоритмів збирання даних і управління GENIE має значну кількість вбудованих стандартних функціональних блоків.

Розробка системи зводиться до розміщення користувачем функціональних блоків у вікні задачі і встановлення між ними зав'язків, які визначаються алгоритмом обробки даних. Складна система може бути розділена на декілька незалежних задач, які виконуються одночасно. Редактор задач використовує інформаційно-потокову модель програмування, яка значно зручніше для сприйняття і алгоритмічної інтерпретації, ніж традиційна лінійна архітектура текстових мов програмування. При розробці прикладного програмного забезпечення для збирання даних і управління користувачем створюється блок-схема стратегії без приділення особливої уваги різним логічним і синтаксичним узгодженням, які прийняті в стандартних мовах програмування.

Редактор задач має функцію впорядкування блоків в послідовності, яка визначає черговість виконання всіх блоків задачі. Використовуючи порядкові номери виконання, користувач може встановлювати необхідний порядок обробки функціональних блоків виходячи з логіки алгоритму, який реалізується.

4.3 Редактор форм відображення

Редактор форм відображення призначений для створення динамічних екранних форм відображення, які пов'язані з стратегією збирання даних і управління. При необхідності створення графічного інтерфейсу оператора є можливість розробки зручних для сприйняття екранних форм шляхом використання стандартних елементів відображення і управління, що входять в склад пакету. Графічний інтерфейс оператора може бути вдосконалений за допомогою спеціальних інструментів малювання і елементів відображення.

В доповнення до стандартних елементів відображення є інструменти для малювання графічних елементів (насоси, клапани, прямокутники, кола, сегменти, багатокутники і т. п.). Користувач може конфігурувати кольори і розміри графічних примітивів. Засоби кошти малювання, призначені для користувача, включають овал (коло), прямокутник, прямокутник із округленими кутами, багатокутник і лінію, операції «Згрупувати» і «Розгрупувати».

4.4 Редактор звітів

Редактор звітів призначений для розробки і генерації звітів. Він надає розробнику на етапі проектування, а користувачеві в процесі експлуатації системи можливість визначати зміст звіту, який формується на основі даних, що збираються, і дій оператора з подальшим автоматичним друком у вказані моменти часу.

Редактор звітів забезпечує виконання п’яти основних функцій:

1) збирання даних;
2) конфігурування формату звітів;
3) складання розкладу автоматичного друку звітів;
4) генерацію звіту подій;
5) генерацію звіту тривог.

Функція збирання даних в заданий користувачем час дає можливість створювати файли бази даних (з розширенням DBF) для кожного Тега (об’єкта даних, що обробляється), який визначений користувачем при конфігурації звіту. Якщо необхідне збирання даних з високою швидкістю, то необхідно використати функціональний блок архівації даних Редактора задач або елемент перегляду даних історичного архіву Редактора форм відображення.

Функція конфігурування форми звіту реалізується за допомогою діалогових панелей, які дозволяють встановлювати формат і час друку звіту. Записи звіту організовані в табличній формі.

За допомогою планувальника звіту встановлюється час, в який повинні генеруватися звіти. Функція генерації звіту тривог дозволяє створювати звіти про відмови обладнання.

4.5 Редактор сценаріїв (Script Designer)

Редактор сценаріїв призначений для управління задачами, обчисленнями і аналізом даних в процесі виконання стратегії. Разом з Microsoft Visual Basic Бейсик-сценарій забезпечує можливість розробки спеціалізованих фрагментів стратегії на мові програмування високого рівня (Visual Basic).

Ядро підсистеми програмування і виконання сценарних процедур являє собою набір бібліотек динамічного компонування, за допомогою яких виконується попередня компіляція сценарних процедур на етапі розробки і їх виконання в процесі виконання всієї стратегії. Бейсик-сценарій забезпечує можливість не тільки управління задачами, що входять в стратегію, але і взаємодії з DOS, Windows і іншими додатками за допомогою механізмів DDE, OLE, ODBS (SQL) і прямих викликів функцій інтерфейсу прикладного програмування Windows API.

До складу редактора сценаріїв входить редактор діалогових панелей, який

дозволяє розробляти власні засоби взаємодії з оператором.

Редактор сценаріїв являє собою редактор тексту з рядом зручних можливостей для редагування коду сценарію. Початковий текст сценарію компілюється в псевдокод відразу після редагування, так що немає необхідності компілювати його знову при запуску програми. Основний сценарій (Main Script), будучи включеним в стратегію, здійснює управління виконанням всієї стратегії один раз протягом одного сеансу виконавчого середовища GENIE. Основний сценарій може бути застосований для виконання таких операцій, як запуск і зупинка задач і т.п. Кожна задача, що сканується, має попередній сценарій (Pre-Task Script) і пост-сценарій (Post-Task Script). Попередній сценарій і пост-сценарій виконуються при кожному виклику задачі.

4.6 Центр обробки даних (Data Center)

Центр обробки даних є набором бібліотек динамічного компонування (DLL-бібліотек) і призначений для зберігання і обробки всіх даних, які пов'язані з роботою стратегії під управлінням виконавчого середовища GENIE.

Центр обробки даних підтримує три способи взаємодії пакету GENIE з іншими додатками Windows:

1) інтерфейс прикладного програмування з API;
2) механізм динамічного обміну даними DDE;
3) механізм зв'язування і вмонтовування об'єктів OLE Automation.

Інтерфейс прикладного програмування з API являє найбільш ефективний засіб взаємодії між GENIE і іншими додатками, оскільки за допомогою вказаного інтерфейсу здійснюється взаємодія між програмними компонентами самого GENIE. Інтерфейс зв'язування і вмонтовування об'єктів OLE Automation призначений для організації взаємодії між GENIE і іншими додатками Windows, які підтримують механізм OLE.

Центр обробки даних розташовується в фізичній (не віртуальній) оперативній пам'яті.

4.7 Підтримка апаратури вводу/виводу

Драйвери вводу/виводу забезпечують підтримку всіх апаратних засобів промислової автоматизації фірми Advantech, включаючи модулі збирання даних і управління, IBM PC сумісний модульний контролер MIC-2000, пристрої віддаленого збору даних і управління серій ADAM-4000 і ADAM-5000/485, а також пристрої промислової шини CAN з протоколом DeviceNet ADAM-5000/CAN.

При необхідності реалізації підтримки апаратури інших виробників можливе використання наступних засобів:

– розробка драйверів у вигляді бібліотек динамічного компонування, інструментів Редактора задач, які включаються в набір в якості бібліотечних блоків користувача (User Defined DLL);

– виклик функцій з драйверів апаратури за допомогою блоку Бейсик-сценарію;

– взаємодія з серверами динамічного обміну даними за допомогою механізму DDE за допомогою функціонального блоку клієнта динамічного обміну даними Редактора задач;

– використання зовнішніх програм, що розроблені на мовах програмування Сі і/або Visual Basic і працюють з асинхронними пристроями типу модемів для виділених і комутуємих ліній, або спеціалізованими пристроями вводу/виводу, які обмінюються даними з GENIE за допомогою механізму зв'язування і вмонтовування об'єктів OLE Automation.

4.8 Інтерфейс прикладного програмування (API)

Центр обробки даних підтримує три способи взаємодії пакету GENIE з іншими додатками Windows:

1) інтерфейс прикладного програмування з API;
2) інтерфейс динамічного обміну даними DDE;
3) інтерфейс зв'язування і вмонтовування об'єктів OLE Automation.

Інтерфейс прикладного програмування З API являє найбільш ефективний засіб взаємодії між GENIE і іншими додатками, оскільки за допомогою вказаного інтерфейсу здійснюється взаємодія між програмними компонентами GENIE. Інтерфейс зв'язування і вмонтовування об'єктів OLE Automation призначений для організації взаємодії між GENIE і іншими додатками Windows, які підтримують механізм OLE. Даний інтерфейс буде використовуватися в майбутніх версіях пакету для обміну даними між GENIE і серверами OPC.

4.9 Повідомлення про помилки виконання

Нижче приведений перелік містить попереджуючі повідомлення, які виводяться виконавчим середовищем GENIE при виникненні помилок під час виконання стратегії. Вказані повідомлення про помилки можуть надати істотну допомогу при виявленні різних несправностей апаратних засобів, які виникають в процесі роботи системи.

Open COM %d Failure – неможливо відкрити комунікаційний порт COM %d

%d є номером комунікаційного порту який, як правило, знаходиться в діапазоні від 1 до 4. Дане повідомлення вказує на незмінювану помилку при ініціалізації перед запуском стратегії на виконання. При цьому пристрій, що

конфігурується, який підключений до послідовного порту, є непрацездатний, оскільки по якій-небудь причині відсутня відповідь від вибраного порту.

Можливі причини:

1) неправильна конфігурація пристрою. Може вимагати змінити параметрів конфігурації пристрою, що підключений до послідовного порту, внаслідок вказання номера відсутнього порту;

2) порт може бути вказаний невірно або зайнятий іншим пристроєм, таким як, наприклад, маніпулятор типу «миш»;

3) вихід з ладу апаратних засобів порту інтерфейсу RS-232.

Unable to transmit to COM %d Address %d – неможливо передати дані за адресою %d через порт COM %d.

COM %d є ідентифікатором комунікаційного порту. Address %d являє адресу пристрою, що схожий на модуль ADAM, в мережі на базі стандарту RS-485.

Причиною виведення подібного повідомлення може бути несправність передавача порту RS-232.

Unable to receive from COM %d Address %d – неможливо прийняти дані від пристрою з адресою %d через порт COM %d.

COM %d є ідентифікатором комунікаційного порту. Address %d являє адресу пристрою, що схожий на модуль ADAM, в мережі на базі стандарту RS-485.

Можливі причини:

1) помилка в монтажі провідників інтерфейсу RS-232 або RS-485;

2) порушення працездатності віддаленого пристрою (наприклад, серії ADAM) або його блоку живлення;

3) вихід з ладу апаратних засобів порту інтерфейсу RS-232;

4) надмірно високий темп опитування задач, що містять функціональні блоки, які пов’язані з віддаленим пристроєм.

Invalid Data Received From COM %d Address %d – помилка при прийманні даних від пристрою з адресою %d через порт COM %d.

COM %d є ідентифікатором комунікаційного порту. Address %d являє адресу пристрою, що схожий на модуль ADAM, в мережі на базі стандарту RS-485.

Можливі причини:

1) помилка або порушення монтажу провідників інтерфейсу RS-232 або RS-485;

2) порушення працездатності віддаленого пристрою (наприклад, серії ADAM) або його блоку живлення.

Initialization Failure On I/ПРО=%d – помилка при ініціалізації пристрою вводу-виводу з адресою %d).

%d є адресою порту вводу-виводу.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою. Однак, виникнення даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів модуля (плати) збору даних і управління. Вона виникає при ініціалізації модуля.

Device Reset Failure On I/ПРО=%d – помилка при спробі скидання пристрою вводу-виводу з адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура скидання пристрою не може бути виконана належно.

Виникнення даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів модуля (плати) збору даних і управління. Вона виникає при спробі скидання конфігураційний регістрів модуля.

Analog Input Initialization Failure On I/ПРО=%d – помилка при ініціалізації пристрою аналогового вводу за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура ініціалізації підсистеми аналогового вводу не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою аналогового вводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликана несправністю регістрів модуля (плати) аналогового вводжу. Вона виникає при його ініціалізації.

Analog Output Initialization Failure On I/ПРО=%d – помилка при ініціалізації пристрою аналогового виводу за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура ініціалізації підсистеми аналогового виводу не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою аналогового виводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликана несправністю регістрів модуля (плати) аналогового виводу. Вона виникає при його ініціалізації.

Digital Input Initialization Failure On I/ПРО=%d – помилка при ініціалізації пристрою дискретного вводу за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура ініціалізації підсистеми дискретного вводу не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою дискретного вводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів модуля (плати) дискретного вводу. Вона виникає при його ініціалізації.

Digital Output Initialization Failure On I/ПРО=%d – помилка при ініціалізації пристрою дискретного виводу за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура ініціалізації підсистеми

дискретного висновку не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою дискретного виводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів модуля (плати) дискретного виводу. Вона виникає при його ініціалізації.

Temperature Initialization Failure On I/ПРО=%d – помилка при ініціалізації пристрою вимірювання температури за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура ініціалізації підсистеми вимірювання температури не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою вимірювання температури. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів модуля (плати) вимірювання температури. Вона виникає при його ініціалізації.

Analog Input Section Failure On I/ПРО=%d – помилка при прийманні даних від пристрою аналогового вводу за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура отримання даних від підсистеми аналогового вводу не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою аналогового вводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів підсистеми аналогового вводу. Вона виникає при його ініціалізації.

Analog Output Section Failure On I/ПРО=%d – помилка при передачі даних пристрою аналогового виводу за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура передачі даних підсистемі аналогового виводу не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою аналогового виводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів підсистеми аналогового виводу. Вона виникає при його ініціалізації.

Digital Input Section Failure On I/ПРО=%d – помилка при прийманні даних від пристрою дискретного вводу за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура отримання даних від підсистеми дискретного вводу не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою дискретного вводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів підсистеми дискретного вводу. Вона виникає при його ініціалізації.

Digital Output Section Failure On I/ПРО=%d – помилка при передачі даних

пристрою дискретного висновку за адресою %d.

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура передачі даних підсистемі дискретного виводу не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів пристрою дискретного виводу. Однак, поява даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів підсистеми дискретного виводу. Вона виникає при його ініціалізації.

Temperature Section Failure On I/ПРО=%d – помилка при прийманні даних від пристрою вимірювання температури за адресою %d

%d є адресою порту вводу-виводу. Процедура отримання даних від підсистеми вимірювання температури не може бути виконана належно.

Дана помилка, як правило, виникає при невірній настройці параметрів примірника пристрою вимірювання температури. Однак, виникнення даного повідомлення про помилку може бути викликане несправністю регістрів підсистеми вимірювання температури. Вона виникає при його ініціалізації.

Device Not Found – пристрій не знайдений.

Встановлення пристрою вводу-виводу не була зроблено належно. Крім того, дане повідомлення про помилку може бути виведене внаслідок невірної настройки параметрів функціональних блоків аналогового вводу, аналогового виводу, дискретного вводу, дискретного виводу або температури.

Дана помилка також виникає при відсутності встановленого драйвера пристрою. Для усунення помилки необхідно виконати настройку параметрів вищезазначених функціональних блоків або встановити пристрій за допомогою програми Advantech Device Installation.

Function Not Supported On I/ПРО=%d Function Not Supported On I/ПРО=%d – відсутня підтримка функції за адресою вводу-виводу %d

%d є адресою порту вводу-виводу. Дане повідомлення про помилку може бути виведене через відсутність підтримки функції драйвером пристрою, пристроєм або GENIE, яку драйвер або GENIE намагається виконати під час виконання стратегії.

Дане повідомлення завжди пов’язане з помилкою в програмному забезпеченні, оскільки драйверу відомі всі реалізовані в ньому функції, а GENIE запитує у драйвера лише ті функції, які підтримуються пристроєм.

Необхідно зменшити темп опитування задачі.

Комп’ютер не устигає завершити повний цикл опиту задачі при періоді сканування, який визначається параметром Період опиту в діалоговій панелі Параметри задачі Редактора задач, що сканується. Для усунення помилки потрібно зменшити період опиту задачі.

Not Enough Memory – недостатньо пам’яті.

Помилка при запиті блоку пам’яті. Для усунення проблеми необхідно зменшити кількість одночасно запущених додатків або збільшити оперативну пам’ять.

File Not Found – файл не знайдений.

Дане повідомлення виводиться на екран монітора при відсутності файлу, до якого здійснюється спроба доступу під час виконання стратегії.

Fail to Get Device List – неможливо отримати список пристроїв.

Дане повідомлення про помилку виводиться при відсутності або пошкодженні файлу GDECFG.INI, який повинен знаходитися в каталозі \WINDOWS і містити інформацію про всі встановлені пристроїв. При відсутності або пошкодженні вказаного файлу потрібно створити його повторно. Після створення файлу GDECFG.INI, що не містить жодного запису, необхідно повторно запустити програму Advantech Device Installation і встановити всі необхідні пристрої.

ТЕМА 5 SCADA-СИСТЕМА GENESIS 32

5.1 SCADA-система GENESIS 32

GENESIS 32 є одним з найбільш яскравих прикладів реалізації SCADA-системи, що відповідає найсучаснішим вимогам. Знайомство з можливостями пакету GENESIS 32 дозволяє стверджувати, що його складові програмні компоненти GraphWorX 32, TrendWorX 32 і AlarmWorX 32 володіють необхідною функціональною повнотою і збалансованістю функцій. Вони можуть працювати як автономно на різних вузлах локальної і/чи глобальної обчислювальної мережі, так і разом на одній робочій станції. Тим самим забезпечується максимальна гнучкість і можливість масштабування системи.

В процесі вивчення GENESIS 32 використовується умовно-безкоштовний сервер OPC для промислової шини Modbus, а також сервер OPC для пристроїв віддаленого збору даних і керування серії ADAM-5000/485, які вироблені фірмою Advantech. Запуск серверів здійснюється як на робочому місці, де був встановлений GENESIS 32, так і на різних вузлах локальної обчислювальної мережі, до яких були підключені фізичні пристрої. Відкритість ідеології OPC, на якій основана GENESIS 32, підтверджується щоденним збільшенням кількості серверів OPC (www.icomcs.com).

На відміну від багатьох відомих SCADA-систем, що мають або власний формат драйверів апаратури, або вбудовану підтримку апаратури обмеженого числа виробників, GENESIS 32 є найбільш універсальним способом взаємодії з

апаратними засобами будь-якого виробника. Для фірм, що займаються самостійним виробництвом пристроїв збору даних і управління, фірма ICONICS пропонує комплект розробника OPC ToolWorX, що дозволяє в найкоротший термін створювати сервери OPC для власних технічних засобів. При цьому розроблений OPC-сервер буде сумісний з будь-якими додатками-клієнтами, що підтримують специфікацію OPC 1.1 і вище.

Додатки, що відповідають специфікації клієнта OPC, які виконуються на робочих станціях, що об'єднані в локальну обчислювальну мережу, можуть мати доступ до каналів вводу-виводу апаратури, яка обслуговується серверами OPC, що виконуються на будь-яких вузлах мережі. Одна з унікальних якостей, яка властива даній технології, полягає в тому, що клієнти OPC мають можливість одержання даних від віддалених серверів OPC навіть через глобальну мережу Інтернет. Тепер спеціалістам не потрібно виїжджати до замовників, що знаходяться за тисячі кілометрів, для контролю стану технічних засобів системи та модифікації реалізованих системних функцій. Всі ці операції можуть бути виконані за допомогою браузера Інтернет і GENESIS 32.

GENESIS32 є набором 32-розрядних додатків для Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000 і Windows XP, які створені у відповідності зі специфікацією OPC і призначені для створення програмного забезпечення збору даних та оперативного диспетчерського керування верхнього рівня систем промислової автоматизації.

До складу GENESIS 32 також входить середовище редагування сценарних процедур Advanced VBA Scripting, що забезпечує можливість розробки частини програмного забезпечення засобами Microsoft Visual Basic for Applications 6.0 (Visual Basic для додатків), який входить у пакет MS Office 2000. Всі програмні компоненти реалізовані на базі багатопотокової моделі і підтримують технологію ActiveX.

До складу GENESIS 32 входять наступні клієнтські додатки, що відповідають специфікації OPC:

- GraphWorX 32;
- TrendWorX 32;
- AlarmWorX 32;
- ScriptWorX 32 (входить в поставку, однак встановлюється окремо).

Крім того, фірма Iconics окремо постачає наступні додатки й інструментальні засоби розробки:

- WebHMI;
- DataWorX 32;
- бібліотека символів Symbols 32 Library;

– Active ToolBox;
– AlarmWor+ 6.0;
– OPC сервери, що розроблені фірмою Iconics;
– OPC сервери, що розроблені іншими фірмами;
– OPC ToolWorX;
– Active ToolWorX.

Крім цього, до складу пакета входить сервер системного адміністрування Security Config і сервер фонової архівації даних Peprsistent Trending.

Всі додатки, що входять в комплект GENESIS 32, для розробки проектів можуть використовуватися безкоштовно. Є унікальна можливість активізації тимчасової 30-денної ліцензії, яка дозволяє:

– створювати проекти будь-якого рівня складності з необмеженою кількістю точок вводу даних;
– запускати і тестувати проекти в режимі Виконання (run time).

5.2 GraphWorX 32

GraphWorx 32 є інструментальним засобом, який призначений для візуалізації контрольованих технологічних процесів і оперативного диспетчерського керування на верхньому рівні АСУ ТП. GraphWorX 32 цілком відповідає вимогам до клієнта OPC і підтримує технології ActiveX та OLE.

Основні характеристики GraphWorX 32:

– багатопотоковий 32-х розрядний додаток;
– можливість обміну даними з будь-якими серверами OPC;
– потужні інструменти для створення екранних форм і динамічних елементів відображення;
– можливість вбудовування елементів керування ActiveX і об’єктів OLE;
– вбудоване середовище редагування сценарних процедур Microsoft Visual Basic for Applications 6.0;
– динамізація елементів відображення з часом оновлення графічної інформації 50 мс;
– засоби розробки шаблонів екранних форм, що містять шари графічних об’єктів, які найбільш часто використовуються;
– можливість вбудовування в HTML-сторінки і сервери OLE (MS Word, MS Excel, MS Access і інші);
– можливість перегляду браузерами Інтернет, такими як MS Internet Explorer;
– велика бібліотека елементів відображення, що орієнтовані на побудову

мнемосхем промислових об’єктів;

– можливість вбудовування графіків TrendWorX 32 і журналів подій та тривог AlarmWorX 32,

– засоби імпорту графічних метафайлів (WMF) і растрових зображень (BMP).

5.3 Універсальна архітектура OPC

GraphWorX 32 є клієнтом OPC, який підтримує механізми обміну ActiveX/OLE з іншими додатками Windows за допомогою моделі розподілених компонентних об’єктів (DCOM/COM). Засоби пошуку і перегляду тегів Tag Browser забезпечують можливість простого підключення каналів контролерів і пристроїв мнемосхем об’єктів автоматизації, що створюються, через сервери OPC, які постачаються виробниками апаратних засобів. Є можливість підключення каналів вводу-виводу пристроїв, що обслуговуються віддаленими серверами OPC, які виконуються на різних вузлах локальної обчислювальної мережі чи у глобальній мережі Інтернет.

5.4 Вбудований Microsoft Visual Basic for Applications 6.0

GraphWorX 32 постачається з вбудованим середовищем розробки сценарних процедур Microsoft Visual Basic for Applications 6.0, який призначений для створення макрокоманд і функцій вторинної обробки даних. Бібліотека функцій забезпечує можливість реалізації ефективних алгоритмів обробки подій, які позв’язані з контрольованим процесом, а також керування різними об’єктами за допомогою методів і властивостей OLE Automation. Остання функціональна можливість системи дозволяє найбільш швидким і ефективним способом обмінюватися інформацією з програмними компонентами автоматизованої системи керування підприємством (АСУП).

5.5 Великий набір потужних засобів розробки графічних форм відображення

GraphWorX 32 має у своєму складі повний набір засобів малювання й анімації, які об’єднані в об’єктно-орієнтоване середовище розробки технологічної графіки.

Проект складається із сукупності екранних форм, кожна з яких зберігається в окремому файлі в каталозі проекту. Розробка екранних форм виконується за допомогою інструментів малювання, вбудовування графічних зображень з метафайлів і файлів растрових зображень, а також шляхом використання великої бібліотеки вбудованих стандартних символів. Кожен елемент відображення може

бути пов’язаний із змінною процесу і показує її значення чи стан. Переключення між вікнами екранних форм під час виконання проекту із завантаженням відповідного файлу екранної форми може виконуватися: шляхом натискання командних кнопок, при виникненні різних подій у прикладній області, яка контролюється, або по команді зі сценарної процедури.

5.6 Можливість вбудовування елементів керування ActiveX і об’єктів OLE

GraphWorX 32 є повнофункціональним контейнером ActiveX/OLE і дозволяє вмонтовувати в робочу область вікна екранної форми елементи керування ActiveX, які розроблені фірмою ICONICS або будь-якими іншими виробниками. Крім цього, є можливість вбудовування документів текстового процесора MS Word, робочих аркушів і діаграм MS Excel, а також відеороликів та інших елементів керування OLE. Дана функціональна можливість GraphWorX 32 є одним із найбільш унікальних властивостей пакета, що забезпечує універсальний механізм використання розробок в області технологічної та ділової графіки різних виробників у проектах, що створюються засобами GENESIS 32.

5.7 Високопродуктивні засоби анімації

Екранні форми, які створюються за допомогою GraphWorX 32 можуть бути насичені графічними об’єктами й елементами відображення, форма і положення яких залежать від значення і стану контрольованих параметрів, та дій персоналу, що експлуатує систему. Швидкість перемальовування графічних об’єктів складає 50 мс, що стало можливим завдяки застосуванню найбільш передових технологій в області об’єктно-орієнтованої графіки і 32-х розрядного багатопотокового програмування. Будь-якому елементу відображення і графічному об’єкту може бути поставлений у відповідність один чи кілька способів динамізації (зміна розміру по вертикальній і горизонтальній осях, зміна кольору, переміщення, обертання та інші), в залежності від значення пов’язаного з ним параметра. Засоби встановлення зв’язку каналів вводу-виводу пристроїв та інших змінних проекту з елементами відображення дозволяють задавати закон попередньої обробки параметра, що представляється у вигляді комбінації арифметичних, логічних, бінарних і функціональних перетворень, а також умовних операцій.

5.8 Бібліотека вбудованих символів технологічної і ділової графіки

GraphWorX 32 містить бібліотеку символів технологічної та ділової графіки, що дозволяє значно покращити зовнішній вигляд екранних форм і створювати

інтуїтивно зрозумілі мнемосхеми автоматизованих технологічних процесів у найкоротший термін. Одним із найбільш привабливих якостей бібліотеки символів є можливість її розширення і поповнення користувачем шляхом створення власних символів.

5.9 TrendWorX 32

TrendWorX 32 забезпечує накопичення й представлення поточних даних у виді графічних залежностей від часу. Крім цього, TrendWorX 32 є потужним засобом архівації інформації, яка накопичується в базах даних, із можливістю наступного перегляду на графіках. Цілком відповідає специфікаціям OPC доступу до текучих і історичних даних.

TrendWorX 32 є багатовіконним додатком, що призначений для виконання наступних функцій:

– представлення контрольованих параметрів у вигляді графіків (трендів) різних типів в реальному масштабі часу;

– архівування значень контрольованих параметрів;

– обчислення статистичних характеристик виборок значень контрольованих параметрів;

– отримання значень контрольованих параметрів з архівів та їх представлення у вигляді графіків різних типів;

– вивід графіків на друкуючий пристрій.

5.10 Представлення контрольованих параметрів в реальному масштабі часу

TrendWorX 32 є контейнером ActiveX, що може запускатися як автономно так і одночасно з іншими компонентами GENESIS 32. Кожне вікно TrendWorX 32 містить елементи керування TWXView 32 ActiveX, за допомогою яких виконується графічне представлення необмеженої кількості контрольованих параметрів і внутрішніх змінних проекту. Є можливість побудови графіків значень параметрів, збирання яких здійснюється на будь-якому вузлі локальної обчислювальної мережі підприємства чи глобальної мережі Інтернет

Підтримуються наступні види трендів:

– залежність параметру від часу;

– логарифмічна залежність параметру від часу;

– гістограма параметра;

– залежність параметра від часу з використанням одиниць часу в якості вертикальної осі;

– залежність одного параметра від іншого.

Діапазони вздовж вертикальної і горизонтальної осей можуть бути позв’язані з будь-якими змінними проекту.

5.11 Конфігурування трендів під час виконання

Подвійне натискання лівої клавіші миші у вікні TrendWorX 32 під час виконання проекту приводить до появи інструментальної панелі Trend Viewer, що дозволяє виконати конфігурування трендів, додатків і видалити параметри, які відображаються, змінити діапазони вздовж осей, вивести статистику відображених параметрів на поточному інтервалі (математичне очікування, мінімальне і максимальне значення), а також виконати перегляд даних архіву.

TrendWorX 32 дозволяє під час виконання зупинити картинку і виконати деталізацію необхідного фрагмента графіка, що забезпечує можливість оперативного аналізу характеру зміни контрольованих параметрів.

5.12 Архівування значень контрольованих параметрів

Архівування контрольованих параметрів виконується за допомогою сервера фонової архівації Persistent Trending, який є клієнтом OPC і сервером OLE Automation. Дана утиліта призначена для збирання інформації про контролюємі параметри технологічного процесу та її збереження в спеціальних буферах пам’яті, або у визначених користувачем файлах. Додатки-клієнти можуть опитувати дані з буферів сервера фонової архівації за допомогою механізму OLE Automation, що істотно підвищує ефективність їх роботи. Елемент керування TWXView 32 ActiveX, за допомогою якого відображаються графіки контрольованих параметрів, припиняє зв’язок із сервером фонової архівації для ініціалізації графіка кожного параметра.

Таким чином, сервер фонової архівації забезпечує виконання наступних функцій:

– буферизація даних, що збираються в процесі роботи системи від серверів OPC;

– передача буферизованих даних клієнтам OLE Automation;

– реєстрація даних у файлах архівів, що настроюються користувачем.

У вікні утиліти Persistent Trending створюються групи параметрів, для яких у процесі виконання будуть створені окремі багаторівневі архіви. Для кожної групи параметрів можуть бути задані різні алгоритми запису інформації в архіви.

Для груп контрольованих параметрів підтримуються наступні методи архівування:

– збереження в одному файлі всіх значень параметрів для обраної групи через визначений інтервал часу після запуску проекту на виконання;

– збереження значень параметрів для обраної групи по команді зі сценарної процедури;

– збереження значень параметрів для обраної групи з відкриттям нового файлу архіву для кожного інтервалу архівації. Для полегшення можливості наступного використання даних, що архівуються, інформація в архівах представлена в символьному форматі.

5.13 Вивід графіків на друк

TrendWorX 32 дозволяє виводити на друкуючий пристрій графіки контрольованих параметрів в тому вигляді, в якому здійснюється їх відображення на екрані монітора. При цьому є можливість попереднього перегляду і вибору аркушів, які будуть виведені на друк.

5.14 AlarmWorX 32

AlarmWorX 32 є набором програмних компонентів, які призначені для виявлення аварійних подій, оповіщення оперативного персоналу, приймання підтверджень сприйняття інформації про аварійні події і реєстрації інформації про аварії в базі даних.

AlarmWorX 32 є мультимедійним додатком, який призначений для виконання наступних функцій:

– виявлення аварійних подій по множині ознак і критеріїв, які настроюються користувачем;

– передача інформації про виявлені аварії клієнтським додаткам, які розміщені на різних вузлах локальної або глобальної мережі;

– звичайне оповіщення персоналу про виявлені аварійні події шляхом періодичного відображення інформації про аварію і звукового сигналу;

– голосове оповіщення персоналу про виявлені аварійні ситуації;

– оповіщення персоналу шляхом автоматичного додзвонювання по комутуємих каналам зв’язку з передачею повідомлень про аварійні події і прийманням підтверджень сприйняття від відповідальних осіб;

– розсилання електронних повідомлень про аварійні події за допомогою пейджингового зв’язку та електронної пошти;

– персональне планування оповіщення для залучення до заходів по усуненню аварійної ситуації тільки чергового персоналу;

– аналіз аварійних подій і дій відповідального персоналу;

– об’єднання всіх аварійних подій і підтверджень сприйняття системних повідомлень відповідальним персоналом у зведення аварійних подій;

– відображення допоміжної інформації для аварійних подій, що дозволяє

локалізувати і усунути причини аварії;

– зв’язок з апаратними засобами системи через інтерфейси OPC;

– зв’язок з іншими додатками за допомогою технології ODBC;

– можливість запуску сервера виявлення аварій в якості служби Windows NT;

– можливість запису інформації про події в журнал Windows NT;

– потужний засіб конфігурування ознак аварійних подій;

– керуючий елемент Active перегляду поточних аварійних подій;

– керуючий елемент Active перегляду архіву подій;

– вмонтоване середовище редагування сценарних процедур Microsoft Visual Basic for Applications 6.0.

AlarmWorX 32 є клієнтом OPC, який підтримує технології ActiveX/OLE і може використовуватися як разом із іншими компонентами GENESIS 32, так і з додатками інших виробників.

5.15 Настроювання параметрів аварійних подій

Для кожного технологічного параметра, який контролюється системою, можуть бути задані умови, настання яких сприймається системою як аварійна ситуація. Для аналогових сигналів можуть бути визначені верхні та нижні допустимі і граничні значення, зона нечутливості, а також кількість спроб оповіщення, при яких у систему не вводиться підтвердження від чергового персоналу. Кожній події при цьому ставиться у відповідність текстовий рядок, що буде відображатися в журналі події, а також тривожний звуковий сигнал та звуковий файл, в якому міститься голосове повідомлення про аварійні ситуації. Крім цього, для кожної аварійної події може бути задана коротка інструкція, що буде доведена до чергового персоналу при виникненні аварії.

Технологічні параметри, що перевіряються на виконання умов аварійних ситуацій, поєднуються в групи, кожній з яких може призначатися свій пріоритет, а також встановлюватися список осіб відповідальних за вживання заходів по усуненню причини та ліквідації наслідків аварії.

5.16 Персональне планування оповіщення

AlarmWorX 32 дозволяє скласти персональний план оповіщення для всіх осіб відповідальних за вживання заходів по усуненню аварії.

5.17 Голосове оповіщення персоналу про аварійні ситуації

Для кожної аварійної події може бути створений і згодом відтворений звуковий файл, що містить голосове повідомлення про аварію. Створення і

відтворення звукових файлів виконуються засобами операційної системи за допомогою звукової карти SoundBlaster.

5.18 Відображення інформації про аварійні та інші події

AlarmWorX 32 відображає інформацію про аварійні та інші події, які пов'язані із системою, у вікнах журналу подій та архіву подій. Є можливість перегляду зведень аварійних подій та дій персоналу, як в текучий момент часу, так і за минулий період.

5.19 Системне адміністрування і керування правами доступу

Пакет GENESIS 32 має потужні вбудовані засоби системного адміністрування і керування правами доступу до інформації, яка пов'язана із системою. Персонал, що має відношення до автоматизованої системи керування технологічним процесом, за допомогою сервера системного адміністрування Security Config вноситься в список осіб, які допускаються до системної інформації. При цьому є можливість створення груп відповідальних осіб по займаних посадах і рівню відповідальності.

Найвищими правами доступу володіє системний адміністратор. Інший персонал, який допущений до системних функцій і системної інформації, дістає обмежені права, настроювання яких виконується в діалогових панелях сервера системного адміністрування. Для кожного відповідального чи групи осіб може бути створений власний обліковий запис сервера системного адміністрування, на який поширюються права доступу до визначених технологічних параметрів, файлів, вузлів мережі та системних операцій, таких як натискання кнопок, запуск і зупинка системи, переключення вікон і т.д.

Для облікових записів сервера системного адміністрування можуть бути створені щотижневі та позмінні розклади доступу до системної інформації і системних функцій, а також розроблена політика, відповідно до якої визначається період дії присвоєного облікового запису паролю, мінімальна довжина паролю, період часу, після закінчення якого відновляється дія раніше використаного паролю. Дуже важливою функцією, яка обумовлена при настроюванні політики адміністрування облікового запису, є блокування всіх дій користувача після ряду помилкових чи зловмисних дій.

5.20 Середовище редагування сценарних процедур VBA Scripting

Visual Basic для додатків (VBA) є потужним середовищем програмування, що фактично придбало статус стандарту. Microsoft VBA забезпечує найбільш доступний і швидкий спосіб розробки і модернізації додатків у середовищі

Microsoft Windows. GENESIS 32 постачається з вбудованим середовищем розробки і виконання сценарних процедур Microsoft Visual Basic for Applications 6.0, що дозволяє адаптувати пакет GENESIS 32 у відповідності зі специфічними вимогами до системи промислової автоматизації, яка створюється.

VBA дозволяє:

– розробляти, налагоджувати і запускати на виконання сценарні процедури і макрокоманди;

– створювати процедури обробки подій, які пов'язані із програмними компонентами GENESIS 32;

– модифікувати вбудовані об'єкти програмних компонентів GENESIS 32;

– встановлювати зв'язок і обмінюватися даними між об'єктами ActiveX і вбудованими об'єктами програмних компонентів GENESIS 32;

– обмінюватися даними з іншими додатками Windows і драйверами апаратури.

5.20 Підтримка апаратури. Сервери OPC

В даний час виробниками контролерів та інших апаратних засобів розроблено понад 1600 серверів OPC, що стало можливим завдяки наявності комплекту розроблювача OPC ToolWorX. Даний комплект містить приклад проекту сервера OPC для промислової шини Modbus, а також простий клієнтський додаток, який дозволяє перевірити працездатність сервера. OPC ToolWorX знайшов визнання у виробників апаратури за рахунок того, що з його допомогою можна створювати сервери OPC, сумісні з будь-якими додатками-клієнтами, що відповідають специфікації OPC 1.1 і вище.

5.22 Сервер архівації даних TrendWorX 32 SQL Server

TrendWorX 32 SQL Server 6.0 призначений для приймання даних від OPC серверів, запису в базу даних MS Access, MS SQL Server 7.0, Oracle або Microsoft Data Engine (MSDE) із використанням заданих алгоритмів архівації і надання даних клієнтським додаткам, що відповідають специфікації OPC Historical Data Access 1.0 (OPC HDA – специфікація OPC доступу до історичних даних).

Конфігурація TrendWorX 32 SQL Server створюється за допомогою додатку TrendWorX 32 Configurator і поміщається в конфігураційну базу даних Microsoft Access.

В рамках конфігурації TrendWorX 32 SQL Server для баз даних, в яких передбачається архівація текучих даних серверів OPC, створюються об'єкти доступу до даних з використанням стандартної підсистеми Microsoft Data Access Components (MDAC 2.1.2). При цьому кожному об'єкту доступу до даних в

конфігураційній базі даних відповідає так звана група бази даних.

Кожна група бази даних містить хоча б одну групу архівації тегів, які мають посилання на теги в серверах OPC інформація про які повинна зберігатися в базі архіву. Опитування тегів OPC здійснюється з використанням періоду збирання даних, значення якого встановлено для кожної групи.

Записування значень тегів у бази даних проводиться відповідно до алгоритму архівації, який встановлено для його групи, із використанням стандартної технології Active Data Objects (ADO).

Отримання даних із бази архіву може виконуватися наступними засобами:

– з використанням елемента перегляду графіків TrendWorX 32 Viewer Active в режимі перегляду історичних даних;

– за допомогою додатка генерації звітів TrendWorX 32 Reporting;

– за допомогою керуючого елемента TrendWorX 32 SQL Tool, який вмонтований в будь-який контейнер Active, включаючи GraphWorX 32, TrendWorX 32, AlarmWorX 32, додаток на Visual Basic, C++, Delphi і т.п.;

– за допомогою будь-якого клієнта OLE DB, що написаний на мовах Visual Basic, VBA, Visual C++ і т.п.;

– за допомогою будь-якого клієнта бази даних, який використовується, із використанням SQL запитів.

TrendWorX 32 SQL Server підтримує специфікацію OPC доступу до історичних даних (OPC HDA), яка встановлює вимоги до підсистеми накопичення і реєстрації значень контрольованих параметрів у різноманітних базах даних із можливістю наступного перегляду і представлення на графіках.

5.23 Сервер архівації подій Alarm Logger

AlarmWorX 32 SQL Logger 6.0 призначений для фільтрації і приймання повідомлень про події від серверів OPC Alarms and Events, запису в базу даних MS Access і MS SQL Server 7.0.

Конфігурація AlarmWorX 32 SQL Logger створюється за допомогою додатку Alarm Logger Configurator і поміщається в конфігураційну базу даних Microsoft Access.

В рамках конфігурації Alarm Logger для баз даних, в якій передбачається архівація подій серверів OPC Alarms and Events, створюються об’єкти доступу до даних з використанням стандартної підсистеми Microsoft Data Access Components (MDAC 2.1.2).

Інформація про події отримується від серверів OPC Alarms and Events на основі однієї або декількох підписок, які відіграють роль фільтрів для подій різних типів.

Перегляд і аналіз подій із бази архіву подій може виконуватися: з використанням елемента перегляду архіву подій AlarmWorX 32 Reporter Active, за допомогою будь-якого клієнта OLE DB, який написаний на мовах Visual Basic, VBA, Visual C++, або за допомогою будь-якого клієнта бази даних із використанням SQL запитів.

5.24 DataWorX32

DataWorX 32 є OPC сервером, який призначений для організації єдиного моста між множиною клієнтських і серверних компонентів системи.

Основні функціональні можливості DataWorX 32:

- централізація параметрів контрольованого процесу, що обслуговуються множиною серверів OPC, у єдиному списку;
- оптимізація запитів множини клієнтів OPC до параметрів у різних серверах OPC;
- організація списку глобальних змінних із можливістю безпосереднього обміну даними між клієнтськими додатками GENESIS 32;
- можливість виконання арифметичних, функціональних, логічних та інших операцій над глобальними змінними;
- можливість оперативної зміни прив’язки глобальних змінних до джерел даних у серверах OPC;
- резервування серверів OPC на вузлах локальної і глобальної мереж з автоматичним перенаправленням запитів клієнтських додатків у випадку виходу із ладу основних вузлів.

5.25 ScriptWorX32

ScriptWorX32 є потужних засобом розробки і виконання сценарних процедур Microsoft Visual Basic for Applications (VBA). ScriptWorX 32 містить мультизадачне середовище виконання сценаріїв із підтримкою симетричних багатопроцесорних архітектур. VBA сценарії, що розроблюються користувачем, можуть виконувати операції обміну даними із серверами OPC.

Основні функціональні можливості ScriptWorX 32:

- багатопоточний 32-х розрядний додаток;
- можливість роботи в операційних системах Windows NT, Windows 95/98, Windows 2000 і Windows XP;
- контейнер сценаріїв VBA 6.0;
- Visual Basic for Applications 6.0;
- одночасне виконання сценаріїв VBA 6.0;

– прискорення розробки сценаріїв за допомогою Майстра сценаріїв;

– виконання сценаріїв за розкладом або періодично;

– виконання сценаріїв при виконанні умов, які обчисляються на основі значень тегів OPC серверів;

– виконання сценаріїв на основі подій від серверів OPC Alarms and Events (серверів системних і аварійних подій OPC);

– діагностика текучих станів сценаріїв;

– можливість компіляції сценаріїв у багатопотокові бібліотеки динамічного компонування (DLL);

– наявність глобальних сценаріїв для інтеграції з іншими додатками;

– відкритий інтерфейс OLE Automation.

5.26 WebHMI

WebHMI призначений для надання даних і графічної інформації про контрольований технологічний процес будь-якого клієнтського додатка комплекту GENESIS 32 будь-якому комп'ютеру, на якому встановлений браузер Інтернет Microsoft Internet Explorer. WebHMI оснований на архітектурі Microsoft DNA і використовує технології Active і DCOM. Крім перегляду інформації про контрольований процес, WebHMI забезпечує можливість оперативного диспетчерського керування, що дозволяє будувати недорогі розподілені системи верхнього рівня.

Основні функціональні можливості WebHMI:

– можливість роботи в операційних системах Windows NT, Windows 95/98, Windows 2000 і Windows XP;

– «тонкий» Web клієнт;

– дозволяє використовувати на операторських станціях безкоштовний Microsoft Internet Explorer для перегляду графічних мнемосхем контрольованого процесу;

– робота з графічною інформацією і даними GENESIS 32 із «нульовою інсталяцією» на операторських станціях;

– публікація керуючих елементів Active і HTML сторінок;

– потребує наявності Microsoft Internet Explorer 4 або 5;

– передача даних OPC через Інтернет;

– адміністрування дій користувачів і додатків на рівні NT.

5.27 Розробка проектів засобами комплекту GENESIS 32

Графічні мнемосхеми автоматизованих робочих місць оператора, які

називаються екранними формами, розробляються за допомогою GraphWorX 32 і зберігаються у файлах екранних форм, що мають розширення *.GDF. Екранні форми можуть містити в собі елементи перегляду графіків текучих і історичних даних TrendWorX 32 Viewer Active, елементи перегляду подій і тривог AlarmWorX 32 Viewer Active і елементи перегляду архіву подій AlarmWorX 32 Reporter Active. Конфігурування зазначених елементів перегляду може виконуватися, як у самому GraphWorX 32, так і в багатовіконних контейнерах TrendWorX 32 і AlarmWorX 32 відповідно.

Підсистема виявлення й опрацювання подій будується на базі Конфігуратора сервера аварійних подій AlarmWorX 32.

Єдиний список змінних проекту може бути створений засобами DataWorX 32, який не входить в комплект постачання GENESIS 32 і замовляється окремо. При цьому забезпечується можливість структуризації глобальних змінних шляхом їх розміщення в окремі багаторівневі групи, а також виконання простих обчислювальних операцій над змінними.

Повторне опрацювання даних та інші алгоритми користувача можуть виконуватися в багатопотокових сценаріях VBA 6.0, розробка і виконання яких здійснюються за допомогою ScriptWorX 32. Окремі сценарії групуються в проект ScriptWorX 32 і компілюються в багатопотокову бібліотеку динамічного компонування (DLL).

Підсистема архівації даних реалізується на основі стандартних СУБД (MS Access, MS SQL Server, Oracle або Microsoft Data Engine), та сервера архівації даних TrendWorX 32 SQL Server і сервера архівації подій AlarmWorX 32 Logger. Перегляд інформації з архіву TrendWorX 32 SQL Server може виконуватися за допомогою елемента перегляду графіків TrendWorX 32 Viewer Active, генератора звітів TrendWorX 32 Reporting, сценаріїв ScriptWorX 32 і/або додатків, які написані на Visual Basic, Visual C++, C++ Builder з використанням інтерфейсів OLE DB.

Всі компоненти комплекту відкриті через інтерфейс OLE Automation. Тобто кожен з додатків GENESIS 32 може бути вмонтований в будь-яку наявну або створювану програмну систему, розробка якої ведеться з використанням інструментальних засобів загального призначення, схожих на Visual C++, Visual Basic, Delphi, C Builder і т.п.

ТЕМА 6 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ SCADA-СИСТЕМ

6.1 Методи підвищення надійності SCADA-систем

Сучасні методи керування виробничим процесом на основі комп’ютерних

технологій одержали широке поширення на більшості промислових підприємств. Всі успішно працюючі системи забезпечують контроль і керування, включаючи графічний інтерфейс оператора, обробку сигналів тривог, побудову графіків, звітів і обмін даними. В ретельно спроектованих системах ці можливості сприяють покращенню ефективності роботи підприємства. Однак, при розробці таких систем, інженери часто упускають з виду один істотний аспект – що відбудеться, якщо будь-який елемент апаратури вийде з ладу?

Локальна система АСУ ТП наведена на рисунку 6, а розподілена система – на рисунку 7. Вони мають одну загальну особливість. Обидві системи повністю вийдуть з ладу, якщо всього в одному компоненті системи (комп'ютері, що з'єднаний з контролерами або мережею контролерів) виникне несправність.

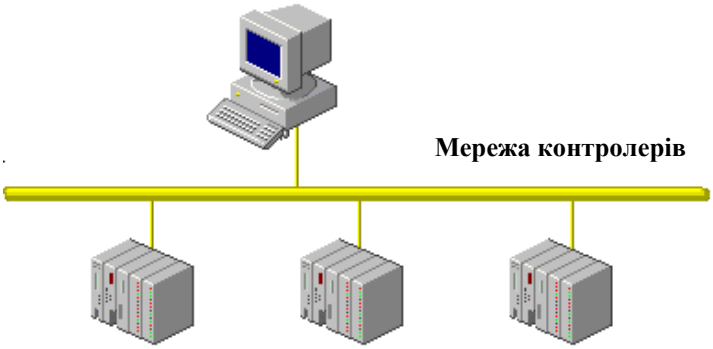


Рисунок 6 – Локальна система АСУ ТП

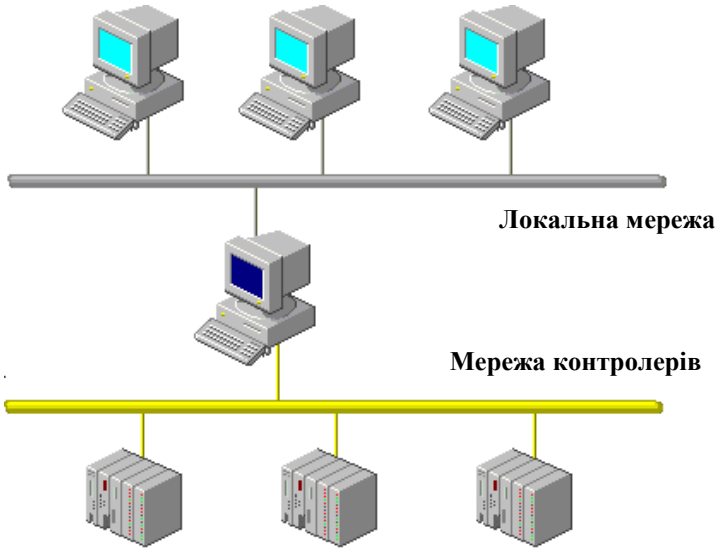


Рисунок 7 – Розподілена система АСУ ТП

Більшість сучасних комп'ютерів забезпечують хороші показники надійності, однак вони також виходять з ладу, особливо при експлуатації у жорстких виробничих умовах. Якщо будь-які компоненти виробничого процесу є критично

важливими (або весь процес), або вартість зупинки виробництва дуже висока, виникає необхідність побудови резервованих систем. У цих системах вихід з ладу одного компонента, який забезпечує резервування, не спричиняє зупинку всієї системи. Програмне забезпечення для керування виробничими процесами (SCADA-система) Citect компанії Ci Technologies підтримує реалізацію резервування більшості компонентів як внаслідок особливості архітектури, так і наявності вбудованих механізмів.

6.2 Архітектура Клієнт-Сервер

Розподіл процесів керування і контролю по декількох комп'ютерах, що об'єднані в локальну мережу, дозволяє збільшити ефективність і швидкість роботи всієї системи. В простій системі комп'ютер, з'єднаний із промисловим устаткуванням, стає сервером, що призначений для взаємодії з контролерами, в той час, як комп'ютери в локальній мережі – клієнтами (рис. 8).

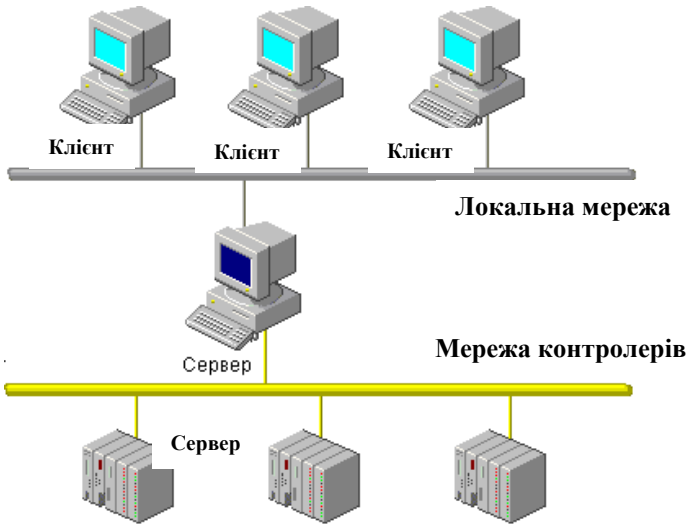


Рисунок 8 – Клієнт-серверна архітектура простої системи

Коли комп'ютерові-клієнтові потрібні дані для відображення, він запитує їх у сервера і лише тоді обробляє локально.

6.3 Дублювання Серверу Вводу-Виводу

Для забезпечення резервування в систему може бути включений другий (резервний) сервер, який також призначений для взаємодії з промисловим устаткуванням (рис. 9).

Якщо основний сервер виходить з ладу, то запити клієнтів направляються до резервного сервера.

Резервний сервер не повинен при цьому повністю дублювати роботу основного, оскільки в цьому випадку обидва сервери взаємодіють з контролерами, подвоюючи навантаження на промислову мережу і скорочуючи загальну продуктивність. В клієнт-серверній архітектурі Citect тільки основний сервер взаємодіє з контролерами. Він одночасно обмінюється даними з резервним сервером, постійно оновлюючи його статус. Якщо обмін даними з основним сервером припиняється, то резервний сервер думає, що основний вийшов з ладу, і бере на себе його функції. Після того, як несправність в основному сервері буде усунута, він буде знову включений. Основний сервер одержить текучий стан з резервного сервера і відновить свою роль в якості основного.

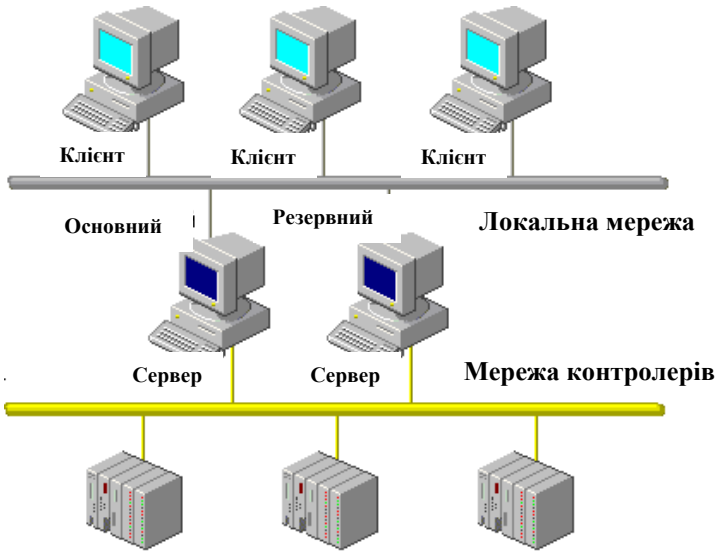


Рисунок 9 – Система з дубльованим сервером

6.4 Резервування на рівні задач

У клієнт-серверній архітектурі Citect при наявності дубльованих серверів вводу-виводу можна реалізувати більш ніж просто підтримку постійного зв'язку з промисловими пристроями. Необхідно також забезпечити зберігання і безперервність даних тривог і графіків у випадку виникнення несправності. Це може бути забезпечене шляхом поділу функцій сервера на чотири задачі:

- ввід-вивід;
- тривоги;
- графіки;
- звіти.

Кожна з цих задач підтримує свою базу даних незалежно від інших задач, тобто можна дублювати кожну задачу окремо. Наприклад (рис. 10), можна забезпечити паралельне виконання задач відображення графіків на різних серверах на відміну від архітектури основний-резервний, яка використовується для серверів

вводу-виводу.

Під час роботи Citect забезпечує паралельну роботу основних і резервних серверів. Якщо основний сервер Звітів, Графіків або Тривог виходить з ладу, то всі клієнти отримують дані з резервного. Після рестарту основного сервера клієнти зберігають роботу з резервним сервером доти, доки він не вийде з ладу, або відбудеться вимикання і перезавантаження клієнта. Оскільки Citect забезпечує ідентичність даних на обох серверах, то для клієнта немає ніякої різниці звідки отримувати дані – з основного чи резервного. Ситуація, коли частина клієнтів отримує дані з основного, а частина з резервного є нормальною. Після усунення несправності основного сервера він може оновити свої дані графіків за допомогою інформації з резервного. Таким чином підтримується безперервне відображення інформації графіків.

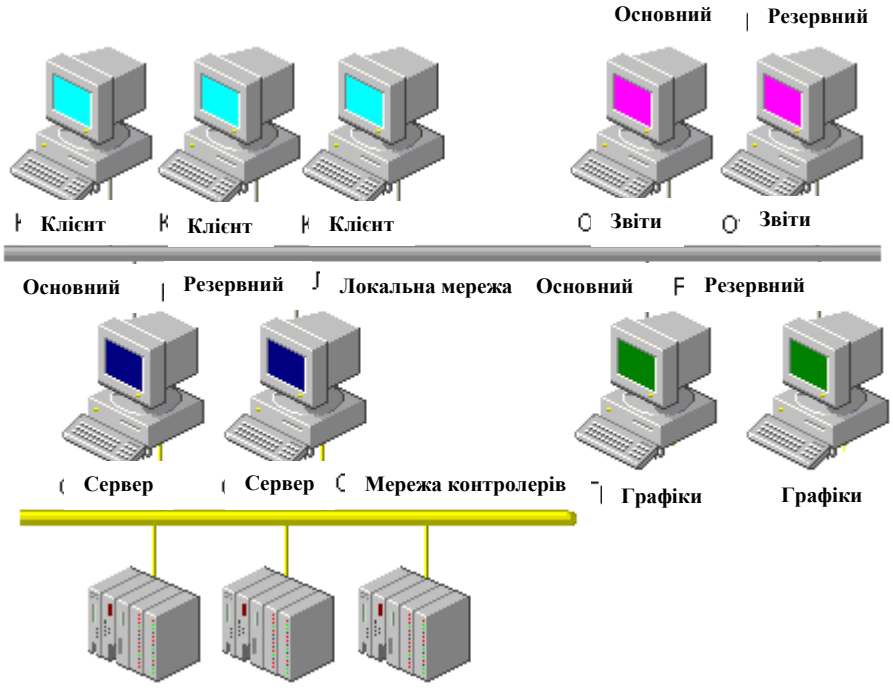


Рисунок 10 – Резервування задач відображення графіків і виводу звітів

6.5 Виділений сервер файлів

У систему може також бути включений виділений сервер файлів для централізованого збереження баз даних та інформації для відображення на екрані. У випадку виходу з ладу основного сервера забезпечується безперервне відображення графіків. Централізовані бази даних також легше підтримувати й адмініструвати.

6.6 Резервування мережі

Структура, представлена на рисунку 11, збільшує надійність системи шляхом

усунення «слабких» місць – в даному випадку сервера вводу-виводу. Однак, якщо мережа виходить з ладу, керування на клієнтських комп'ютерах також порушується. Додаткова мережа і файловий сервер забезпечує стабільність роботи системи навіть у випадку виходу однієї з мереж з ладу (рис. 12).

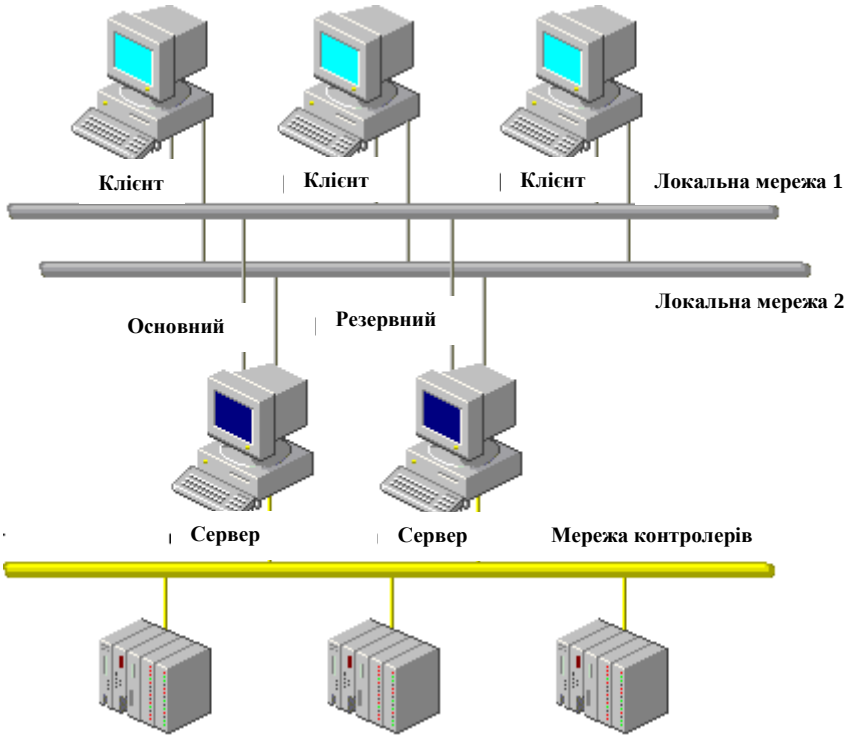


Рисунок 11 – Резервування мережі

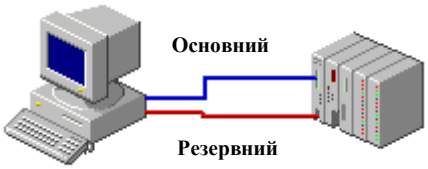


Рисунок 12 – Резервування контролерів

6.7 Резервування зв'язку з контролерами

В більшості контролерів можна організувати додатковий зв'язок між сервером вводу-виводу і пристроєм. Наявність додаткового каналу зв'язку гарантує збереження обміну даними, якщо основний канал вийде з ладу.

Під час старту Citect з'єднується з пристроєм по основному каналі зв'язку. Якщо обмін даними порушується (наприклад, обрив кабелю), то Citect переключається на резервний канал. Зворотний перехід на основний канал відбувається після відновлення фізичного з'єднання. Резервний шлях обміну даними можна також організувати по локальній мережі, як наведено на рисунку 13.

При цьому взаємодія з пристроєм вводу-виводу підтримується постійно, навіть якщо один із серверів або комунікаційних кабелів вийде з ладу.

Якщо пристрій вводу-виводу підтримує з’єднання точка-точка, то можна забезпечити повне резервування шляхом дублювання пристроїв (рис. 14).

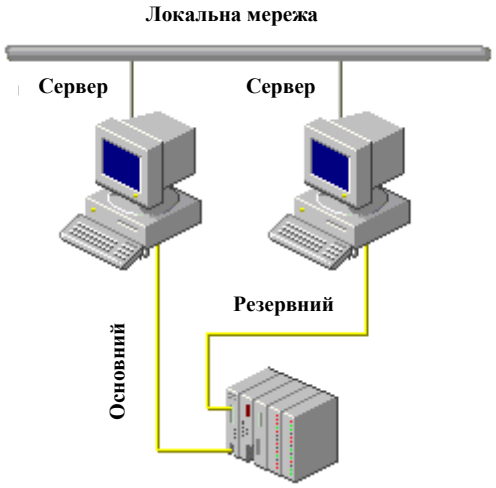


Рисунок 13 – Резервування обміну даними за допомогою локальної мережі

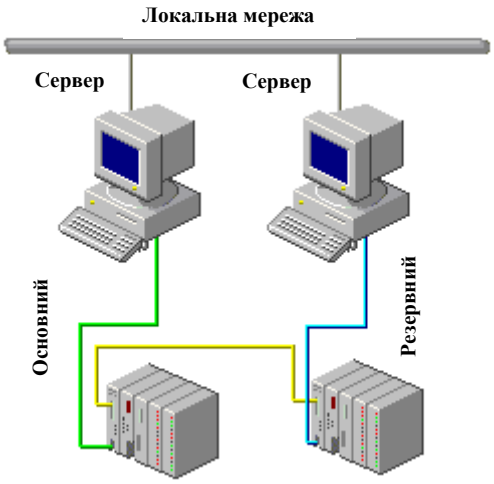


Рисунок 14 – Повне резервування зв’язку з контролерами

Необхідно також відзначити, що конкретна реалізація всіх вищенаведених можливостей підвищення надійності в різних SCADA-системах істотно відрізняється. Основним критерієм можна вважати простоту настроювання реальних конфігурацій, тобто програмну підтримку рішень, які закладені в пакеті. Всі можливості по резервуванню в Citect повністю вбудовані в пакет і не вимагають ніякого додаткового програмування. Причому, значна їх частина встановлюється за допомогою інтуїтивно зрозумілого «Майстра Настроювання Комп’ютера» (Computer Setup Wizard).

Причому необхідно відзначити, що постійно зростаюча складність систем АСУ ТП і необхідність їх інтеграції з корпоративними IT системами висуває вимоги по надійності і масштабуємості SCADA-систем на перше місце в довгому переліку інших властивостей пакетів даного класу. Технічні рішення, реалізовані в Citect дозволяють прогнозувати успішне застосування даного пакета в самих складних і відповідальних додатках.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Що таке програмований логічний контролер?
2. Охарактеризуйте сучасний стан автоматизації виробництва.
3. Яка роль і місце SCADA-системи в сучасному виробництві?
4. Опишіть основні функції SCADA-системи.
5. Які засоби використовуються для побудови систем керування енергоресурсами?
6. Що таке системи SCADA/RTU?
7. Опишіть типи, протоколи і функції RTU.
8. Що таке OPC?
9. Які є недоліки OPC?
10. Як працює OPC?
11. Опишіть конвенція стандарту OPC.
12. Опишіть методику розробки OPC сервера.
13. Охарактеризуйте SCADA-систему GENIE 3.0.
14. Для чого використовується редактор задач?
15. Для чого використовується редактор відображення?
16. Для чого використовується редактор звітів?
17. Для чого використовується редактор сценаріїв (Script Designer)?
18. Для чого використовується редактор центр обробки даних (Data Center)?
19. Що таке інтерфейс прикладного програмування (API)?
20. Які є повідомлення про помилки виконання?
21. Опишіть SCADA-систему GENESIS 32.
22. Для чого використовується редактор GraphWorX32.
23. Для чого використовується вбудований Microsoft Visual Basic for Applications 5.0?
24. Для чого використовується набір засобів розробки графічних форм відображення?
25. Для чого використовується елементи керування ActiveX та об’єкти OLE?

26. Опишіть засоби анімації.

27. Для чого використовується бібліотека вбудованих символів технологічної і ділової графіки?

28. Для чого використовується редактор TrendWorX 32?

29. Як реалізовано представлення контрольованих параметрів в реальному масштабі часу?

30. Чи можна здійснювати конфігурування трендів під час виконання проекту?

31. Як реалізується архівування значень контрольованих параметрів?

32. Як реалізується вивід графіків на друк?

33. Для чого використовується редактор AlarmWorX 32?

34. Як налаштувати параметри аварійних подій?

35. Як реалізується персональне планування оповіщення?

36. Для чого реалізується голосове оповіщення персоналу про аварійні ситуації?

37. Як реалізується відображення інформації про аварійні та інші події?

38. Для чого використовується системне адміністрування і керування правами доступу?

39. Для чого використовується середовище редагування сценарних процедур VBA Scripting?

40. Для чого використовується редактор Сервер архівації даних TrendWorX 32 SQL Server?

41. Для чого використовується редактор Сервер архівації подій Alarm Logger?

42. Для чого використовується редактор DataWorX32?

43. Для чого використовується редактор ScriptWorX32?

44. Для чого використовується редактор WebHMI?

45. Опишіть порядок розробки проектів засобами GENESIS 32.

46. Які є методи підвищення надійності SCADA-систем?

47. Опишіть архітектуру Клієнт-Сервер.

48. Опишіть архітектуру дублювання Сервера Вводу-Виводу.

49. Опишіть архітектуру резервування на рівні задач.

50. Опишіть архітектуру виділений сервер файлів.

51. Опишіть архітектуру резервування мережі.

52. Опишіть архітектуру резервування зв’язку з контролерами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. К: НУХТ, 2020, 316 с. URL: https://nuft.edu.ua/naukova-diyalnist/naukovi-konferencii/ (дата звернення: 06.02.2025).

2. Власенко Л. О., Ладанюк А. П. Формування управління в автоматизованих системах технологічних комплексів (ТК) з урахуванням результатів діагностики та прогнозування URL: http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection_4.pdf (дата звернення: 06.02.2025).

3. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів URL: https://pidru4niki.com/13601004/informatika/informatsiyni_tehnologiyi_ta_modelyuvannya_biznes-protsesiv (дата звернення: 06.02.2025).

4. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. Київ : НУХТ, 2020 316 с. URL: http://surl.li/fupei (дата звернення: 06.02.2025).

5. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів. URL: http://surl.li/mgghz (дата звернення: 06.02.2025).

6. Решетило О. М., Лапченко Ю. С., Стельмащук Г. Л. Автоматизована система керування технологічним процесом виробництва господарського мила. Матеріали X-ої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та студентів «Актуальні проблеми автоматизації та управління». Луцьк: ЛНТУ, 2023. Випуск 10. С. 35-46.

7. Симонюк В. П., Лапченко Ю. С., Денисюк В. Ю., Решетило О. М. До автоматизації освітленості виробничих приміщень за допомогою комбінованого освітлення. Перспективні технології та прилади. Луцьк: ЛНТУ, 2021. С. 122-126.

8. Решетило О. М., Гриб О. В., Магера Б. О. Використання частотних перетворювачів Підприємства Енергоелектроніки «ТВЕРД» в навчальному процесі за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students «Actual Problems of Automation and Control». Lutsk, 2020. Issue №8. С. 125-132.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ
(укладачі Решетило О. М., Федік Л. Ю.)

ТЕМА 1 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ. СКЛАД ТА ПРИНЦИП ДІЇ

1.1 Класифікація інтелектуальних інформаційних систем

Інтелектуальна інформаційна система (ІІС) є типом автоматизованих інформаційних систем, яку іноді називають системою, що базується на знаннях. ІІС включає програмні, лінгвістичні і логіко-математичні засоби, що підтримують діяльність людини і здійснюють пошук інформації через розширений діалог природною мовою.

Класифікація ІІС:

1) експертні системи;

2) власне експертні системи (ЕС);

3) інтерактивні банери (web + ЕС);

4) запитально-відповідальна система (деяких джерелах «системи спілкування»);

5) інтелектуальні пошукові системи (наприклад, система Старт);

6) віртуальні співбесідники.

ІІС можуть бути інтегровані у будь-який сайт, де користувач взаємодіє з системою за допомогою природної мови: задає питання (у разі запитально-відповідальної системи) або відповідає на запитання системи, отримуючи потрібну інформацію (у разі експертної системи). В інтернеті такі системи найчастіше виконують рекламно-інформаційні функції, як інтерактивні банери. Водночас серйозні системи, наприклад, для діагностики устаткування, використовуються локально для вирішення конкретних специфічних завдань.

Інтелектуальні пошукові системи суттєво відрізняються від віртуальних співбесідників. Пошукові системи надають витяги з джерел знань, які можуть бути об'ємними та без особистих ноток. Водночас віртуальні співбесідники мають «характер» і особливий стиль спілкування, який може включати сленг чи ненормативну лексику. Їх відповіді завжди максимально короткі та лаконічні.

Раніше для розробки ІІС використовувалися логічні мови, такі як Пролог і Лісп, тоді як зараз частіше застосовуються процедурні мови. Логіко-математичне забезпечення створюється як для окремих модулів системи, так і для їх інтеграції. Проте на сьогодні не існує універсальної логіко-математичної системи, яка б задовольняла всі потреби розробників ІІС, тому доводиться комбінувати наявні знання або створювати логіку системи власноруч.

У сфері лінгвістики є багато проблем. Для забезпечення роботи ІІС у режимі діалогу з користувачем природною мовою необхідно розробляти алгоритми формалізації мови, що виявилося складнішим завданням, ніж передбачалося на початку розвитку інтелектуальних систем. Крім того, мова постійно змінюється, що також створює виклики для систем штучного інтелекту.

1.2 Класифікація завдань, що вирішуються ІІС

Забезпечення роботи ІІС включає наступні види: математичне, лінгвістичне, програмне, технічне, технологічне та кадрове.

ІІС можуть виконувати різні типи завдань, серед яких.

1. Інтерпретація даних: це одне з традиційних завдань експертних систем, яке полягає у визначенні змісту даних. Результати повинні бути узгодженими та коректними, а процес зазвичай включає багатоваріантний аналіз даних.

2. Діагностика: це процес зіставлення об'єкта з певним класом об'єктів та виявлення несправностей у системі. Несправність −це відхилення від норми, яке можна трактувати для технічного обладнання, захворювань живих організмів або природних аномалій. Важливим аспектом є розуміння функціональної структури («анатомії») системи, яка діагностується.

3. Моніторинг: основна його мета −безперервна інтерпретація даних у режимі реального часу і сигналізація про вихід параметрів за допустимі межі. Ключові проблеми −це пропущення тривожних ситуацій та помилкові спрацьовування через розмитість симптомів і необхідність врахування тимчасового контексту.

4. Проектування. Проектування полягає у підготовці специфікацій для створення об'єктів із наперед визначеними властивостями. Специфікація включає повний набір необхідних документів, таких як креслення і пояснювальні записки. Основні проблеми полягають у здобутті чіткого структурного опису знань про об'єкт і вирішенні проблеми «сліду». Для ефективного проектування, а також перепроектування, необхідно формувати не лише самі проектні рішення, але й мотиви їх прийняття. Таким чином, у завданнях проектування тісно пов'язані два основні процеси: процес ухвалення рішення і процес пояснення.

5. Прогнозування. Прогнозування дозволяє передбачати наслідки певних подій або явищ на основі аналізу наявних даних. Прогнозуючі системи логічно виводять можливі наслідки із заданих ситуацій, використовуючи параметричну динамічну модель, в якій значення параметрів адаптуються під конкретну ситуацію. Висновки, отримані з цієї моделі, слугують основою для прогнозів з ймовірними оцінками.

6. Планування. Планування полягає у створенні планів дій для об'єктів, здатних виконувати певні функції. У таких експертних системах використовуються

моделі поведінки реальних об'єктів, щоб логічно визначити наслідки запланованої діяльності.

7. Навчання. Навчання передбачає використання комп'ютера для вивчення певної дисципліни або предмету. Системи навчання виявляють помилки під час вивчення дисципліни за допомогою ЕОМ і пропонують правильні рішення. Вони збирають інформацію про уявного «учня» і його типові помилки, а потім здатні діагностувати слабкі місця у знаннях учнів і знаходити способи їх усунення. Крім того, ці системи планують взаємодію з учнем залежно від його успіхів для ефективної передачі знань.

8. Керування. Керування передбачає функцію організованої системи, яка підтримує певний режим діяльності. Експертні системи цього типу контролюють поведінку складних систем згідно з визначеними специфікаціями.

9. Підтримка прийняття рішень. Підтримка прийняття рішень – це сукупність процедур, які надають особі, що приймає рішення, необхідну інформацію та рекомендації, що полегшують процес ухвалення рішень. Ці експертні системи допомагають фахівцям обрати і сформувати потрібну альтернативу серед численних варіантів під час прийняття відповідальних рішень.

Усі системи, засновані на знаннях, можна розділити на ті, що вирішують завдання аналізу, і ті, що вирішують завдання синтезу. Основна різниця між ними полягає в тому, що для завдань аналізу кількість рішень може бути перелічена та інтегрована в систему, тоді як для завдань синтезу кількість рішень потенційно необмежена і формується з рішень компонент або проблем. Завдання аналізу включають інтерпретацію даних, діагностику та підтримку ухвалення рішення. Завдання синтезу включають проектування, планування та управління.

Комбіновані завдання ІІС формуються завдяки таким типам, як навчання, моніторинг і прогнозування.

1.3 Типова схема функціонування інтелектуальної системи

Функціонування інтелектуальної системи полягає у постійному прийнятті рішень на основі аналізу поточних ситуацій для досягнення визначеної мети. Можна виділити окремі етапи, що складають типову схему роботи інтелектуальної системи:

1) безпосереднє сприйняття зовнішньої ситуації, результатом якого є створення первинного опису ситуації;

2) порівняння первинного опису з наявними знаннями системи і його доповнення, що призводить до формування вторинного опису ситуації в термінах знань системи. Цей процес можна розглядати як розуміння ситуації або переклад первинного опису на внутрішню мову системи. При цьому може змінюватися

внутрішній стан системи і її знання. Вторинний опис може бути не єдиним, і система може обирати між різними варіантами вторинних описів. Крім того, система може переходити від одного вторинного опису до іншого під час роботи. Якщо ми зможемо формально визначити форми внутрішнього представлення описів ситуацій та операцій над ними, ми можемо сподіватися на певний автоматизований аналіз цих описів;

3) планування цілеспрямованих дій та прийняття рішень включає аналіз можливих дій та їхніх наслідків, з подальшим вибором дії, яка найкраще відповідає меті системи. Це рішення формується внутрішньою мовою системи (свідомо або підсвідомо);

4) зворотна інтерпретація прийнятого рішення означає створення робочого алгоритму для реалізації реакції системи;

5) реалізація реакції системи призводить до змін у зовнішній ситуації та внутрішньому стані системи.

Не варто вважати, що ці етапи повністю відокремлені один від одного, і що наступний етап починається лише після завершення попереднього. Навпаки, для інтелектуальної системи характерне взаємне проникнення цих етапів. Наприклад, певні рішення можуть прийматися вже на етапі безпосереднього сприйняття ситуації. Насамперед, це рішення про те, на які зовнішні подразники слід звертати увагу, а які можна ігнорувати. Зовнішніх подразників настільки багато, що їх сприйняття повинно бути вибірковим.

1.4 Застосування систем штучного інтелекту в промисловості

Наразі промисловість широко використовує можливості систем штучного інтелекту, головним чином у гнучких виробничих і робототехнічних комплексах. Особливості інтелекту робототехнічних технологічних комплексів варто відзначити окремо.

Інтелект робототехнічного комплексу зазвичай означає здатність його системи управління вирішувати технологічні завдання інтелектуального характеру шляхом цілеспрямованого перетворення інформації та знань, навчання на досвіді й адаптації до змінних виробничих умов.

Характерні риси інтелекту робототехнічного комплексу включають здатність до переробки знань, навчання, накопичення досвіду та адаптації до нових умов, що змінюються під час вирішення завдань. Завдяки цим властивостям інтелектуальний робототехнічний комплекс здатний вирішувати складні та різноманітні технологічні завдання, а також легко переходити від одного класу завдань до іншого.

Таким чином, система управління робототехнічних комплексів із елементами штучного інтелекту є універсальним засобом вирішення широкого спектра технологічних завдань, дозволяючи автоматизувати технологічні операції інтелектуального характеру.

У робототехніці системи штучного інтелекту отримали широке застосування. Виділяються такі напрямки розвитку інтелектуальних роботів.

1. Промислові роботи: ці роботи працюють у виробничій сфері та замінюють людину при виконанні технологічних операцій. Інтелект промислових роботів полягає у здатності автоматично розпізнавати якість обробленої поверхні, контролювати режими обробки та коригувати їх залежно від поставлених цілей. Наприклад, мінімізувати похибки, знижувати енерговитрати, вибирати технологію обробки залежно від типу деталі та вимог до її характеристик. На сьогодні цей клас роботів є основним, оскільки заміна людини у виробничій сфері істотно змінить її життєдіяльність.

2. Ігрові роботи.

3. Спеціальні роботи, що можуть працювати в умовах війни та в інших небезпечних для життя ситуаціях.

Інтелектуальні робототехнічні системи для виробничих завдань, або так звані роботи-верстати, повністю автоматизують виробництво певної продукції. Таке обладнання оснащене системами контролю технологічних і вихідних параметрів виробу. До верстатного обладнання висуваються високі вимоги до точності, надійності та відповідальності виконуючих операцій. Під час виконання операцій обробки та складання складних виробів недопустимий ймовірнісний результат, тому ці операції зазвичай детерміновані. Ймовірнісні пошукові методи можливі тільки на стадії обробки результатів. Остаточне рішення має забезпечити детермінований результат, що відповідає поставленій меті. Особливо високі вимоги пред'являються при обробці поверхонь складної форми, де потрібне точне виконання режимів обробки, контроль зносу інструменту та забезпечення декількох параметрів деталі одночасно. Для кожної точки поверхні потрібно одночасно забезпечити до шести геометричних параметрів, не враховуючи якості поверхні. Для складних поверхонь важливі також похідні координат. Високі вимоги до точності виготовлення деталей потребують постійного контролю геометричних параметрів верстата, розмірів ланок, температурних змін та інших параметрів. Застосування механізмів паралельної структури змінює підхід до проектування верстатного робототехнічного обладнання.

У механізмах паралельної структури існують кінематичні пари, що перетворюють рух і не містять виконавчих силових елементів. У цих з'єднаннях можливе встановлення додаткових датчиків для підвищення точності контролю

положення вихідної ланки. Крім того, додаткові приводи, керовані, наприклад, за силою, можуть бути встановлені в цих з'єднаннях для розвантаження основних приводів, які виконують переміщення за заданими координатами, що дозволяє керувати положенням, швидкістю та силою по одній координаті.

Поняття «робот-верстат» було введено в 1992 році для опису верстатного обладнання на основі механізмів паралельної структури, що дозволяє одному і тому ж механізму виконувати транспортні операції та операції обробки. Ці механізми розширюють функціональні можливості верстатного обладнання і, за наявності системи управління з елементами штучного інтелекту, наближають обладнання до інтелектуального робота.

Поєднання функцій особливо актуальне для складних високоточних операцій, коли необхідне виготовлення деталі з однієї бази. У цьому випадку отримуємо універсальне обладнання, що дозволяє виконувати різні технологічні операції для широкого спектра виробів. Основна особливість робота-верстата порівняно з обробним центром полягає в його універсальності, а точніше, в більш багатих кінематичних можливостях переміщення механізмів. З набору роботів-верстатів можна побудувати розподілений обробний центр. Механізми паралельної структури розширили можливості виконавчих механізмів верстатів, зробили їх легшими та універсальнішими. Наявність паралельних кінематичних ланцюгів дозволяє керувати однією вихідною ланкою через кілька паралельних каналів, забезпечуючи одночасне керування положенням, швидкістю, вищими похідними та силою.

ТЕМА 2 ДАТЧИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ДАНИХ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ

2.1 Поняття датчика

Да́тчик, дава́ч, да́тник, се́нсор – це вимірювальний пристрій, що складається з одного або декількох вимірювальних перетворювачів величини, яка вимірюється і контролюється. Він генерує вихідний сигнал, зручний для дистанційного передавання, зберігання та використання у системах керування і має нормовані метрологічні характеристики.

Датчики є елементами технічних систем, призначених для вимірювання, сигналізації, регулювання, керування приладами та процесами. Вони перетворюють контрольовану величину (тиск, температуру, витрату, концентрацію, частоту, швидкість, переміщення, електричну напругу, електричний струм тощо) у сигнал (електричний, оптичний, пневматичний), зручний для

вимірювання, передавання, перетворення, зберігання та реєстрації інформації про стан об'єкта вимірювання.

Датчики є елементами технічних систем, що використовуються для вимірювання, сигналізації, регулювання та керування приладами й процесами. Вони перетворюють контрольовану величину (тиск, температуру, витрату, концентрацію, частоту, швидкість, переміщення, електричну напругу, електричний струм тощо) у зручний сигнал (електричний, оптичний, пневматичний) для вимірювання, передавання, перетворення, зберігання та реєстрації інформації про стан об'єкта вимірювання. Історично давачі пов'язані з вимірювальною технікою та приладами, такими як термометри, витратоміри, прилади для вимірювання тиску тощо.

Узагальнений термін «датчик (давач)» став поширеним завдяки розвитку автоматичних систем керування. Він є елементом загальної логічної концепції «датчик – система керування – виконавчий пристрій – об'єкт керування». Особливим випадком є використання датчиків в автоматичних системах реєстрації параметрів, наприклад, у системах наукових досліджень.

Термін датчик у технічному контексті можна означити так:

1) первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент або сенсор) – вимірювальний перетворювач, який першим взаємодіє з об’єктом вимірювання і видає сигнал вимірювальної інформації, придатний для технічного використання. Зазвичай це електричний сигнал, але може бути й інший (наприклад, пневматичний сигнал). Прикладами є тензорезистор, фотодіод, сильфон тощо;

2) завершений пристрій на основі згаданого вище елементу, що додатково може містити засоби підсилення сигналу, лінеаризації, калібрування, аналого-цифрового перетворення та інтерфейс для інтеграції у системи керування. У цьому випадку чутливий елемент датчика може називатися сенсором. Прикладом є світлочутлива матриця, датчик тиску тощо;

3) частина вимірювальної системи або системи керування у вигляді закінченої конструктивної сукупності первинних вимірювальних перетворювачів, що містить один або кілька вторинних вимірювальних перетворювачів сигналу. Вона розміщена у зоні дії факторів впливу об'єкту і сприймає стандартно закодовану інформацію від цього об'єкту. Прикладом є витратомір Коріоліса, тензометр тощо.

2.2 Функції і класифікації датчиків

Останнім часом терміни «багатофункціональний датчик» чи «інтелектуальний датчик» стали вживатися для опису сучасних датчиків. Ці терміни відображають напрямки розвитку датчиків, що, окрім функцій первинного вимірювального перетворення, мають додаткові можливості для вимірювання декількох фізичних

величин і використовують вбудовані аналого-цифрові перетворювачі з мікроконтролерами, що суттєво розширює їх функціональний діапазон:

1) попередня обробка сигналів (лінеаризація, фільтрування, корекція похибок);

2) самодіагностування;

3) дистанційне конфігурування (діапазону вимірювань, одиниць вимірювань, узгодження частотних характеристик);

4) окремі елементи керування;

5) передавання інформації з використанням промислових мереж Profibus, Ineterbus, Profinet та інших.

За принципом перетворення енергії датчики поділяються на активні та пасивні. Активні (генераторні) датчики перетворюють види енергії від входу до виходу, тоді як у пасивних (параметричних) давачах вхідна енергія змінює параметри визначених елементів первинних вимірювальних перетворювачів.

За вхідними фізичними величинами, що підлягають перетворенню, датчики бувають: теплових величин, механічних величин, оптичних параметрів, акустичних величин, концентрації та складу, іонізаційного випромінення, форми та розмірів, електричних та магнітних величин.

За фізико-хімічними ефектами, що лежать в основі роботи вимірювальних перетворювачів, датчики розрізняються на: резистивні (потенціометричні, терморезистивні, тензорезистивні), ємнісні (електростатичні), індуктивні та електромагнітні, електричного заряду, напруги або струму, зміни геометричних розмірів, маси або положення, оптичні ефекти, біохімічні.

За характером вихідного сигналу датчики поділяються на: дискретні, аналогові, цифрові, імпульсні.

За фізичною природою вихідного сигналу датчики поділяються на такі типи: з електричним вихідним сигналом (найпоширеніші), з пневматичним вихідним сигналом, з оптичним вихідним сигналом (перспективні) та інші.

2.3 Інтелектуальні датчики

Новітні засоби мікроелектроніки дозволили не лише вимірювати і налаштовувати елементи, а й інтегрувати в датчики аналого-цифрові перетворювачі та мікропроцесори, що змінило підхід до розподілу функцій між елементами систем контролю та управління.

Об'єднання цифрових схем і мікропроцесорів в одному пристрої дозволяє не тільки підсилювати і коригувати, але й частково обробляти інформацію безпосередньо в самому датчику.

Інтегральні датчики можуть не тільки контролювати вимірювані величини, але й оцінювати їх, коригувати за певними критеріями, контролювати свої характеристики, працювати в режимі діалогу з центральною системою керування, приймати команди, передавати виміряні значення в цифровій формі та формувати аварійні повідомлення.

На відміну від інтегральних датчиків, у яких новітні технології забезпечують об’єднання чутливих елементів зі схемами їх увімкнення, лінеаризацію характеристик і термокомпенсацію, датчики з вбудованими обчислювальними засобами називають інтелектуальними. Вони мають широкий спектр функцій, можливості самоконтролю та двостороннього обміну інформацією з системою керування.

Інтелектуальний датчик завдяки своїй структурі та розширеним функціональним можливостям дозволяє виконувати функції, що підвищують інформативність вихідного сигналу до необхідного рівня, або формувати потік даних із необхідною достовірністю, аналізуючи велику кількість результатів окремих, відносно недостовірних вимірювань.

Як результат, реальні метрологічні характеристики інтелектуальних датчиків виявляються суттєво вищими за характеристики датчиків традиційного виконання. Це пов'язано з тим, що інтелектуальний датчик не просто датчик, а являє собою сукупність апаратних і програмних засобів, що відображають властивості об'єкта у вигляді певної структури даних, створеної в результаті обробки вихідного сигналу первинного чутливого елемента за певним алгоритмом.

Приєднання технічних засобів обробки інформації безпосередньо до датчика логічно обґрунтоване тим, що кожен крок обробки вимірювального сигналу далеко від об'єкта вимірювання пов'язаний із підвищенням похибки вимірювання.

Інтелектуальний датчик має можливість узгодження вимірювального тракту з джерелом сигналу за чутливістю, динамічним діапазоном, вибірковістю та придушенням різних видів перешкод. Він адаптує свої параметри до зовнішніх чинників та умов, забезпечує автоматичний самоконтроль функціонування, здійснює операції юстирування і тарування та проводить корекцію похибок.

В автоматичних системах управління і контролю інтелектуальні датчики виконують такі основні функціональні завдання:

1) перетворення вхідного сигналу в сигнал необхідного виду з функціональним зв’язком між ними;

2) перетворення отриманого сигналу в форму, що забезпечує перешкодозахищеність передавання до пристрою обробки даних каналом зв’язку;

3) вибіркова реєстрація і попередня обробка вихідного сигналу;

4) придушення перешкод, що заважають виконанню завдання (збурюючих впливів);

5) реагування на змінні умови в точках контролю;

6) забезпечення і контроль власного функціонування.

Ці завдання визначають інтелектуальні властивості, які повинен мати датчик:

1) здатність до самонастроювання, що включає зміну чутливості і динамічних характеристик відповідно до діапазону і швидкості зміни вихідної величини, а також придушення перешкод;

2) адаптивність до умов навколишнього середовища.

Здатність датчика або системи датчиків до самодіагностики, включаючи корекцію помилок, дозволяє дати таке визначення інтелектуального датчика: це датчик, що має здатність автоматичної адаптації до джерела сигналу і навколишнього середовища, а також здатність контролювати свої функції, коригувати помилки вимірювань. Такий датчик є електронним пристроєм, що базується на об'єднанні чутливих елементів, схем перетворення сигналів і засобів мікропроцесорної техніки.

Інтелектуальний датчик являє собою конструктивно об'єднану сукупність інформаційних пристроїв та електронного комп'ютера, розміщену в зоні дії вимірюваних величин. Він сприймає інформацію про розмір цих величин, автоматично узгоджує свої параметри з параметрами вимірюваних величин і зовнішніми умовами, а також здійснює автоматичний контроль власного функціонування та компенсацію окремих похибок.

Структурна схема інтелектуального датчика залежить від структурних схем вимірювальних перетворювачів, що входять до його складу.

До складу інтелектуального датчика можуть входити:

1) первинний вимірюваний перетворювач з неелектричним вхідним сигналом;

2) проміжний вимірювальний перетворювач;

3) електронний блок підготовки та первинної обробки вимірюваного перетворювача;

4) аналого-цифровий перетворювач;

5) джерело живлення;

6) мікро-ЕОМ:

7) інтерфейс.

Вихідний сигнал первинного вимірювального перетворювача (МП) може безпосередньо перетворюватися в цифрову форму. Перший вимірювальний перетворювач (ІП) може бути об'єднаний з аналого-цифровим перетворювачем (ADC).

Для дискретних вимірювальних сигналів зазвичай використовується простіша структура вимірювального датчика (ВД), яка відрізняється дещо меншими апаратними витратами. До такої структури входять: чутливий елемент, перетворювач і формувач рахункового сигналу, блок формування нормованих електричних імпульсів, лічильник, мікро-ЕОМ та інтерфейс.

Використання вимірювальних датчиків (ВД) у порівнянні з традиційними датчиками має такі особливості:

1. точність вимірювань: залежить від внутрішніх похибок інформаційного перетворювача (ІП), таких як нелінійність, гістерезис та недостатня повторюваність;

2. зовнішні умови: мають вплив на точність вимірювань;

3. точність калібрування: визначає достовірність результатів;

4. ступінь відтворюваності результатів: важливий показник для забезпечення стабільних вимірювань;

5. місце розташування вимірюваної величини в діапазоні вимірювання: впливає на точність результатів;

6. точність передачі, прийому і обробки сигналу: забезпечується лініями передачі даних.

Вплив цих факторів знижує точність датчиків класу 0,25 % до лише 1 % у реальних умовах. Однак точність вимірювань може істотно підвищитися завдяки внутрішнім обчисленням, які виконує інтелектуальний датчик (ІД). Алгоритми покращення статичних характеристик вимірювальних датчиків (ВД) дозволяють здійснювати корекцію початкового зсуву і крутизни для чітко лінійних статичних характеристик, коригування масштабу вимірювального тракту, лінеаризацію статичних характеристик табличним методом, апроксимацію за допомогою поліномів, інтерполяцію тощо.

Датчик, завдяки своїм можливостям самонастроювання, обирає оптимальний діапазон вимірювання і передає відповідну інформацію на вищий рівень системи. Якщо вимірювана величина виходить за межі цього діапазону, подається аварійний або попереджувальний сигнал.

В інтелектуальних датчиках (ІД) можна коригувати вплив перешкод і різних збурень, використовуючи диференціальні методи вимірювань програмними способами, ітераційні методи обробки для нелінійних залежностей та адаптивні методи корекції для формування скоригованих значень за результатами останнього вимірювання.

Інтелектуальний датчик надійніший за традиційні, оскільки він дозволяє:

1. спростити вимірювальний перетворювач, використовуючи можливості його характеристик за допомогою програмного забезпечення, включаючи корекцію масштабу та температурні поправки через обчислювальний пристрій;

2. збільшити кількість однотипних осередків;

3. звести до мінімуму аналогову частину, що є джерелом несправностей та спотворень;

4. впровадити системи автоматичного контролю старіння компонентів, що підвищує загальну надійність датчика (виявлення перенапруг, перегріву, надлишкового статичного тиску тощо);

5. контролювати стан довкілля для виявлення відхилень і запобігати роботі датчика за межами встановлених норм;

6. контролювати працездатність окремих елементів і вузлів, включаючи напруги живлення на прецизійних елементах, рівні спрацьовування, струми і напруги зсуву;

7. здійснювати автоматичне самокалібрування за зовнішнім або вбудованим еталонним джерелом.

Програмне забезпечення дозволяє автоматично керувати процесом вимірювання, включаючи вмикання/вимикання, зміну діапазонів, перемикання каналів вимірювання, частоту калібрування та порядок адресації. Воно також обирає алгоритми, тестові сигнали, точки і час вимірювання, а також вибирає фільтри відповідно до параметрів перешкод відповідно до завдань вимірювання або за командами керуючої ЕОМ.

Зв'язок вимірювального датчика (ВД) з керуючою ЕОМ та іншими периферійними пристроями реалізується програмними способами через загальну шину. Передача сигналів здійснюється в режимах квитування, з перериванням і контролем програмних засобів, з послідовним і паралельним опитуванням, в режимі передачі і прийому сигналів керування.

ВД дозволяє обробляти результати вимірювань з метою стискання передаваних даних, здійснює контроль граничних значень та виконує математичні та логічні операції відповідно до поставленого завдання вимірювання.

Інтелектуальні датчики забезпечують доступ до внутрішньої інформації, яка може бути використана в діагностиці та профілактичному обслуговуванні. Через портативний пульт або за допомогою дистанційного керування з вищого ієрархічного рівня, датчик надає оператору інформацію про:

1) миттєві значення напруги живлення, проміжні величини та результати вторинних вимірювань;

2) сукупність параметрів, зафіксованих до виникнення несправності;

3) дату останнього контролю (калібрування, перевірки нуля тощо);

4) причини усунених несправностей;

5) вторинні параметри, що перевищують допустиму межу (внутрішня температура, абсолютний тиск та інші).

Інтелектуальні датчики, оснащені мікропроцесорами, дозволяють вивести можливості вимірювальних засобів на новий якісний рівень. Ідеальним рівнем розвитку «інтелектуального» датчика є інтеграція його функцій без збільшення загальних матеріальних витрат на розробку і створення вимірювальних засобів.

Хоча сигнал на виході чутливого елемента може бути слабким, передаваний сигнал повинен мати високий рівень і, по можливості, лежати в потрібному діапазоні значень, щоб дійти до основних пристроїв у неспотвореному вигляді та спростити обчислення вимірюваної величини. Тому, як правило, сигнал сенсора повинен пройти попередню обробку, яка дозволяє виконати багато важливих завдань, таких як:

1) спеціальні заходи забезпечення безпеки;

2) з’єднання з іншими компонентами послідовно, паралельно або в замкнутому контурі;

3) підсилення сигналу;

4) масштабування;

5) лінеаризація;

6) перетворення сигналу.

На сьогоднішній день стало звичайною практикою перетворювати сигнал датчика в цифрову форму безпосередньо в самому датчику. З огляду на зростаюче застосування розподілених систем із шинною архітектурою, це стає все більш необхідним. Однією з переваг таких систем є можливість передавання даних вимірювань без втрати точності, незалежно від відстані між датчиком і пристроями обробки даних вищого рівня.

Перенесення функцій обробки сигналів з апаратури на програмне забезпечення спрощує підвищення точності вимірювань. Виробничі відхилення можна враховувати через просту параметризацію.

ТЕМА 3 ТЕХНІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

3.1 Технічне забезпечення інтелектуальних технологічних комплексів

АСУТП – це програмно-технічний комплекс (ПТК), що служить інструментом для оператора-технолога в керуванні технологічними об'єктами управління (ТОУ). Завдяки АСУТП ТОУ перетворюються на автоматизовані технологічні комплекси (АТК), які можуть працювати як під керівництвом

людини, так і самостійно. Сучасні АТК є комп'ютерно-інтегрованими системами, кібер-фізичними системами, що використовують новітні комп'ютерні технології, такі як програмування, Інтернет та бази даних.

Кібер-фізичні системи (АТК) є серцевиною четвертої промислової революції, яка активно розгортається у постіндустріальних країнах. Повністю автоматизовані та роботизовані «розумні» підприємства стають основою нової промислової епохи, відомої як Industrial 4.0. Інструментарій для цієї революції включає комп'ютеризацію, програмування, інтернетизацію управління (Internet of Things та Internet of Services), а також сучасні мікропроцесорні засоби керування.

Інтелектуальні технологічні комплекси (ІТК) – це цифрові технологічні виробництва та обладнання, що автоматизовані й інформатизовані. Інтелектуальна система керування – це «розумний» агрегат, виробництво або підприємство.

Промислові ІТК забезпечують функціонування виробництва в автоматичному режимі, використовуючи теорію автоматичного керування (рис. 3.1).

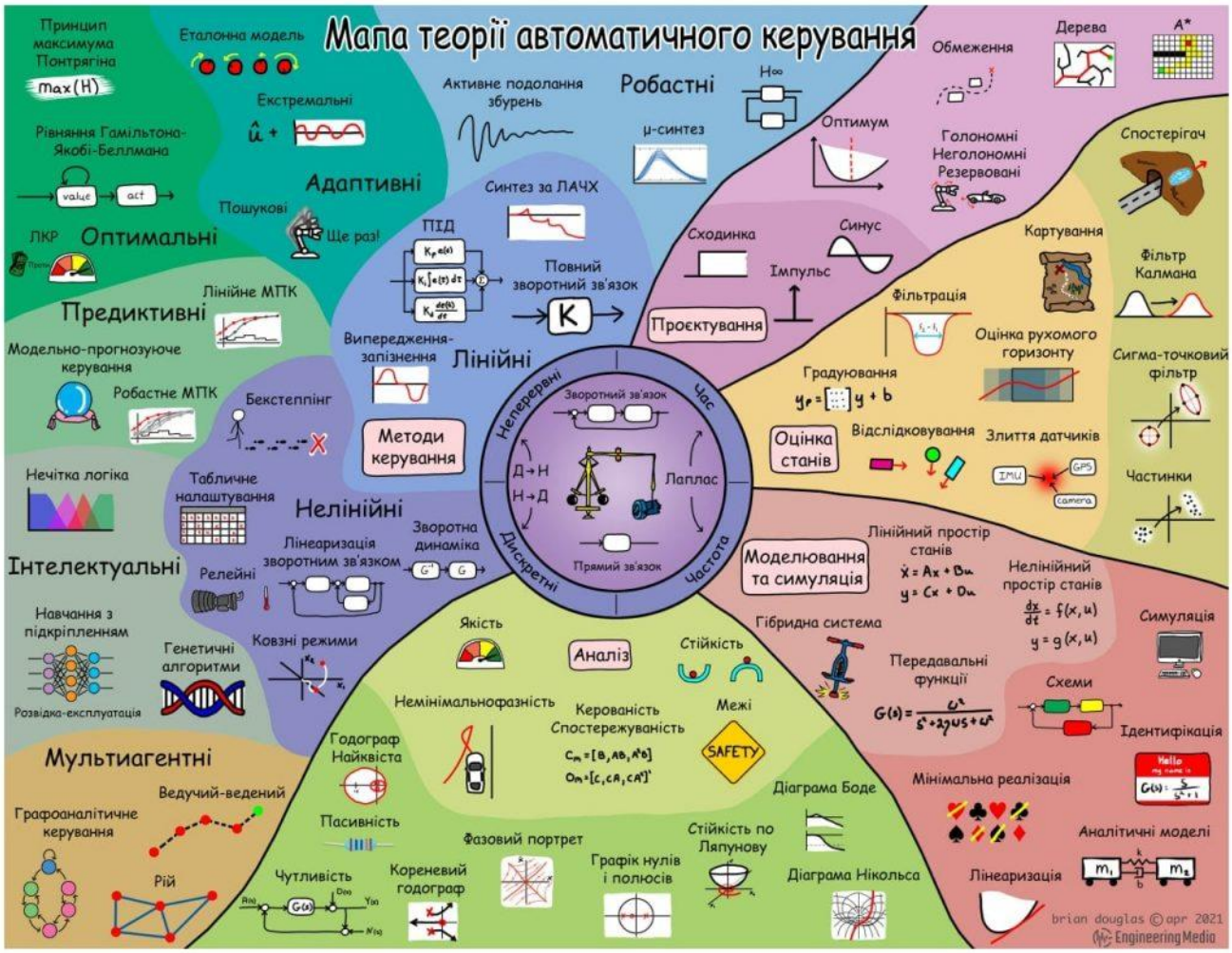


Рисунок 3.1 – Мапа теорії автоматичного керування

Вони застосовують експертні системи, системи прийняття рішень та штучний інтелект у різних галузях, таких як хімічна, переробна, харчова промисловості. Також включають розумні електричні та теплові мережі (Smart Grid, Smart Thermal Grids), розумні будинки (Smart Building) та промислові інтернет-речі (IoT).

Фізичні (промислові об’єкти) і вбудовані обчислювальні (кібернетичні) компоненти ІТК є глибоко інтегрованими на основі мереж обміну даними, інтернет технологій, хмарних обчислень.

ІТК складається з технологічного об’єкту управління (агрегат, виробництво, підприємство) і автоматизованої системи управління (АСУ).

3.2 Програмне забезпечення інтелектуальних технологічних комплексів

Програмна та апаратна платформа сучасного інтелектуального технологічного комплексу (ІТК) – це операційні технології, що об'єднують класичні рішення з автоматизації та новітні інформаційні технології. Варто звернути увагу на наступні компоненти.

1. АСУТП (PCS) – автоматизовані системи управління технологічними процесами охоплюють різні галузі промисловості, зокрема металургію, виробництво скла, промислові печі, а також велику енергетику (парові котли, турбіни, допоміжне обладнання) та малу енергетику (котельні, теплопункти, бойлерні). Крім того, вони застосовуються в інженерних системах будівель, таких як опалення, гаряче водопостачання, управління насосними станціями, системи кондиціювання і вентиляції. Автоматизація охоплює як промислові неперервні процеси, так і дискретні процеси. Технологічні об'єкти управління (ТОУ) включають фізику технологічних процесів, ідентифікацію та математичне моделювання, що дозволяє ефективно керувати і оптимізувати виробничі процеси.

2. АСУВ (MES) – автоматизовані системи управління виробництвами. Автоматизація виробництв у промисловості, енергетиці та інженерних системах охоплює широкий спектр завдань, відповідно до стандартів ISA-95/MESA-11: MES Performance (облік даун-таймів обладнання; розрахунок продуктивності OEE); MES Operations (інформаційне супроводження і генеалогія; формування, виконання і контроль змінно-добових завдань та план-графіків; розрахунок техніко-економічних показників KPI); MES Quality (сертифікація обладнання; контроль якості і стандартів). Стандарт ISA-88 регулює автоматизацію промислових періодичних процесів, відомих як батч-процеси (batch-processing/batch-control).

3. ПТКЗА – програмно-технічні комплекси засобів автоматизації промислових АСУ. Структура інтегрованої автоматизованої системи управління підприємством, згідно зі стандартом ISA-95, включає такі рівні: IO, PCS, MES, ERP, та BI. Система має дворівневу структуру: нижній рівень займається регулюванням та контролерною автоматизацією, тоді як верхній рівень відповідає за диспетчеризацію та супервізорну автоматизацію. Трирівнева структура ПТКЗА складається з таких рівнів: контролери (PLC), програмні сервери, програмні клієнти. До компонентів також належать HMI/SCADA-системи, промислові шини та інформаційні магістралі.

4. Автоматизований технологічний комплекс (АТК), що поєднує технологічні об'єкти управління (ТОУ) та АСУ, функціонує як кібер-фізична система (КФС). Четверта промислова революція (4ПР) та Інтернет речей (IoT) в промисловій автоматизації сприяють розвитку концепції «розумного» підприємства. Хмарна архітектура «земля–туман–хмара» забезпечує ефективне впровадження промислових IoT та хмарних обчислень.

5. Для забезпечення кібербезпеки в промислових автоматизованих системах управління (АСУ) використовуються такі методи:

– гаряче резервування: створення резервних копій системи для негайного використання у разі відмови основної системи;

– дублювання: застосування подвійних копій системних компонентів для підвищення надійності та безперервності роботи;

– реплікація програмно-технічних рішень: копіювання даних та програмного забезпечення для захисту від втрати інформації та забезпечення безперебійної роботи системи. Ці методи забезпечують високий рівень захисту та стабільність роботи промислових АСУ.

6. Програмування в АСУ. Програмування завдань для програмно-логічного управління (ПЛК/PLC) включає неперервне ПІД-регулювання, управління переміщенням та операторський інтерфейс (локальне HMI). У рамках четвертої промислової революції (4ПР), реалізація машинного навчання включає адаптивні та автотюнінгові контури ПІД-регулювання.

7. Програмування HMI/SCADA-систем включає завдання обміну даними, візуалізації, алярмування, архівування, скриптінгу та звітності. Реалізація попереджувального обслуговування як елемента четвертої промислової революції (4ПР) передбачає створення консолідованої аналітичної звітності.

8. Для обміну даними між ПЛК, ПЛК та HMI/SCADA використовуються протоколи OPC-UA, MQTT, ODATA та ModBus. Ці протоколи ефективно застосовуються в промисловому IoT архітектури «земля–туман–хмара».

9. Імітаційне моделювання автоматизованих технологічних комплексів (АТК) поєднує технологічні об'єкти управління (ТОУ) та автоматизовані системи управління (АСУ). Імітаційне моделювання промислових АТК включає програмне моделювання ТОУ, реалізацію контролерного регулювання та SCADA-системи. Програмне моделювання ТОУ може здійснюватися в системі комп'ютерної математики MatLab або безпосередньо в ПЛК.

Імітаційне моделювання буває двох типів:

– SIL-моделювання: використання софтПЛК або симулятора ПЛК;

– HIL-моделювання: використання реального ПЛК (хардПЛК).

Перед моделюванням виконується комплексний інженерний розрахунок ПТК АСУ, враховуючи вимірювальні канали, надійність, динаміку, виконавчі механізми та регулюючі органи, а також техніко-економічну ефективність. Порівняльний аналіз функціонування ТОУ до і після автоматизації базується на статистичній гіпотезі достовірності результатів.

Створення кафедральної бібліотеки імітаційних моделей АТК застосовується в промисловості, енергетиці та інженерних системах.

3.3 Операційні технології кіберфізичних систем

Операційні технології (ОТ) – це сучасні рішення для автоматизації технологічних процесів, промислових виробництв та підприємств, засновані на цифрових технологіях.

Операційні технології цифровізації підприємства включають такі аспекти.

1. Автоматизація промислового підприємства на основі АСУ технологічними процесами, АСУ виробництвами та інтегрованої АСУ підприємством.

2. Алгоритмізація і моделювання кіберфізичних систем (КФС) на основі теорії автоматичного управління. Включає ідентифікацію об’єктів, аналіз та синтез систем автоматичного регулювання (PID-регулювання, fuzzy-регулювання, neuro-регулювання, адаптивне управління) і сучасні методи Data Science (цифрові двійники – Digital Twins, машинне навчання – Machine Learning, попереджувальне обслуговування – Predictive Maintenance, віртуальна і доповнена реальність – VR/AR).

3. Програмне і технічне забезпечення контролерного рівня (нижнього рівня) сучасної АСУ, засноване на програмованих логічних контролерах (PLC), станціях людино-машинного інтерфейсу (HMI), граничних пристроях (Edge Devices), інтелектуальних сенсорах і актуаторах (RTU).

4. Програмне і технічне забезпечення супервізорного рівня (верхнього рівня) АСУ, яке базується на системах автоматизації та диспетчеризації технологічних

процесів (SCADA), виробничих процесів (MES), бізнесових процесів (BPMS) та системах промислової бізнес аналітики (BI).

5. Сучасні мережеві технології обміну даними, хмарні технології (Cloud), сенсорні мережі та промисловий інтернет речей (Industrial IoT).

6. Засоби функціональної та інформаційної безпеки – кібербезпека (Cybersecurity).

ТЕМА 4. НАСТРОЮВАННЯ ТА АДАПТАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

4.1 Настроювання параметрів інтелектуальних технологічних комплексів

Операційні технології цифровізації підприємства включають такі аспекти.

1. Автоматизація промислового підприємства на основі АСУ технологічними процесами, АСУ виробництвами та інтегрованої АСУ підприємством.

2. Алгоритмізація і моделювання кіберфізичних систем (КФС) на основі теорії автоматичного управління. Включає ідентифікацію об’єктів, аналіз та синтез систем автоматичного регулювання (PID-регулювання, fuzzy-регулювання, neuro-регулювання, адаптивне управління) і сучасні методи Data Science (цифрові двійники – Digital Twins, машинне навчання – Machine Learning, попереджувальне обслуговування – Predictive Maintenance, віртуальна і доповнена реальність – VR/AR).

3. Програмне і технічне забезпечення контролерного рівня (нижнього рівня) сучасної АСУ, засноване на програмованих логічних контролерах (PLC), станціях людино-машинного інтерфейсу (HMI), граничних пристроях (Edge Devices), інтелектуальних сенсорах і актуаторах (RTU).

4. Програмне і технічне забезпечення супервізорного рівня (верхнього рівня) АСУ, яке базується на системах автоматизації та диспетчеризації технологічних процесів (SCADA), виробничих процесів (MES), бізнесових процесів (BPMS) та системах промислової бізнес аналітики (BI).

5. Сучасні мережеві технології обміну даними, хмарні технології (Cloud), сенсорні мережі та промисловий інтернет речей (Industrial IoT).

6. Засоби функціональної та інформаційної безпеки – кібербезпека (Cybersecurity).

Досвід модернізації провідних галузей народного господарства свідчить, що ефективність автоматизації залежить від взаємопов'язаного вирішення трьох основних завдань:

1. розробка нових технологічних процесів та їх типізація;

2. створення технологічного обладнання, що забезпечує якісне виконання типізованих технологічних процесів;

3. розробка алгоритмів ефективного управління технологічними процесами, операціями та обладнанням за допомогою технічних засобів автоматизації.

Розв'язання першого завдання вимагає спеціальних знань і відповідного досвіду, зокрема, визначення параметрів точності, продуктивності, методів обробки, транспортування, збереження та типізації технологічних процесів. Тут необхідні знання і досвід фахівців-технологів. Типізацію технологічного процесу в сільськогосподарському виробництві варто розпочинати зі складання технологічного ланцюжка.

Технологічний ланцюжок відображає взаємозв’язок технологічних процесів, окремих операцій і режимів роботи машин, які беруть участь у їх виконанні. Під час розробки систем автоматичного управління, розробник повинен ретельно вивчити об’єкт автоматизації та усвідомити всі можливі режими його роботи.

Варто мати на увазі, що розробка автоматичних систем управління часто необхідна для підприємств з різним рівнем розвитку. Відповідно, ступінь автоматизації та набір операцій і режимів визначаються рівнем розвитку самого підприємства. Будь-який технологічний процес можна поділити на операції різними способами. Однак, під час такого поділу, розробник повинен відповісти на наступні основні питання.

1. Яка мета і завдання системи автоматичного управління?

2. Які блоки складають об'єкт управління?

3. Які функціональні та керуючі зв'язки існують між блоками, що визначають майбутню систему?

4. Які режими об'єкта управління і його блоків, і скільки технологічно допустимих переходів між цими режимами?

5. Якими конкретними алгоритмами описується той чи інший режим?

6. Які датчики та виконавчі елементи можуть бути застосовані для цієї системи?

7. Які математичні рівняння, що характеризують той чи інший режим роботи систем, описують взаємодію керуючих сигналів та сигналів збурення?

Після аналізу технологічних процесів чи окремих операцій, необхідно визначити всі інформаційні параметри, що характеризують технологію, та їх взаємозв’язки. Накопичена інформація має бути представлена в компактній і зручній для подальшої роботи формі, що дозволяє виявити перелік інформаційних параметрів.

Класифікація інформаційних параметрів та технологічний ланцюжок дозволяють скласти структурну схему системи управління, яка є сукупністю

об’єкта управління і керуючого пристрою. Неповна або неточна обробка інформації може призвести до її спотворення на наступних рівнях, до затримок у прийнятті рішень та вжиття заходів для узгодження дій установок, потокових ліній і цехів. Це, в свою чергу, призведе до збільшення витрат на виробництво, зниження рентабельності та псування продукції.

Об'єкт автоматизації (ОА) – це реальна технологічна установка, функціонування якої визначається технологічними параметрами, що є вихідними координатами, а також штучно створюваними вхідними впливами, які безпосередньо або побічно впливають на стан параметрів.

Найпростіші об'єкти автоматизації мають одну вихідну величину та один вхідний вплив. Наприклад, у водонагрівача-термоса вихідною величиною (параметром) є температура води, а регулюючим впливом – електрична напруга, що подається на електронагрівники.

До простих установок належать технологічні установки з декількома вхідними і вихідними координатами, якщо між цими координатами відсутні функціональні взаємозв’язки. Такий об'єкт можна розглядати як декілька найпростіших за відповідними параметрами і каналами вхідних впливів. Наприклад, при змішуванні комбікорму з водою та іншими добавками цілком допустимо окремо розглядати процеси заповнення змішувача водою, комбікормом тощо.

Складні об'єкти з декількома взаємозалежними структурами вхідних і вихідних координат потребують врахування взаємного впливу суміжних впливів і параметрів. Наприклад, при регулюванні мікроклімату вентиляція впливає не лише на концентрацію газів CO_2, NH_3, H_2S у приміщенні, але й на температуру та вологість. Випаровування підвищує вологість і знижує температуру.

За невеликої кількості взаємозалежних координат зазвичай вдається визначити основні параметри для регулювання процесу, надаючи їм перевагу, а інші розглядати як другорядні (залежні).

Проте, у сучасному виробництві багато технологічних об’єктів мають набагато складніші структури взаємозв’язків. Наприклад, пташник із птахами – це об’єкт із безліччю вихідних координат, таких як параметри мікроклімату, годівлі та освітлення, збирання посліду, збору яєць, поїння та санітарного стану, а також керованих впливів з обслуговування поголів’я птахів, тобто вхідних координат. Між цими координатами існують визначені зв’язки та взаємозалежності.

Взаємозв’язок між узагальненими координатами об’єктів управління виражається через статичні та динамічні характеристики.

Статична характеристика об’єктів управління – це залежність між вихідною координатою (параметром процесу) та результуючим значенням вхідної координати (впливом) за сталих режимів, тобто функцією.

Під час вирішення завдань автоматизації керування технологічними процесами необхідно мати вихідну інформацію, що включає:

1. Дані про ємності об'єктів автоматизації та зв'язки між ними;

2. Вимоги до показників якості (параметрів) технологічних процесів;

3. Значення, інтенсивність зміни в часі та місце прикладання збурення;

4. Значення регулюючого впливу та передатні властивості регулюючих органів.

Кожну ділянку, де може накопичуватися речовина або енергія в об’єкті (ємність), слід характеризувати окремо. Необхідно надати дані про з’єднання між усіма ємностями: опір потоків, характеристики пружних елементів тощо. Для вирішення завдань автоматизації важливо мати всебічні відомості про збурення. Це включає кількісну характеристику всіх потоків речовини чи енергії об’єкта управління, що беруть участь у технологічному процесі (навантаження), та потоків, викликаних зовнішніми факторами (перешкоди).

Ці дані можуть бути представлені у вигляді максимальних, мінімальних чи усереднених значень самих потоків або залежностей, що їх характеризують, а також ймовірністю сполучення різних факторів. В одноємнісних об’єктах збурення можуть бути прикладені на стороні подачі чи витрати, у багатоємнісних – до різних ємностей, а в об’єктах з розосередженими параметрами – до певних ділянок. Відомості про регулюючі органи, через які здійснюється регулюючий вплив на об’єкт управління, беруться з паспортних даних пристроїв, що здійснюють ці впливи.

Під час розробки схем автоматичного управління та технологічного контролю використовують різні прилади і засоби автоматизації, які з’єднуються з об’єктом управління та між собою за певними схемами. Залежно від типу використовуваних приладів і засобів автоматизації (електричних, пневматичних, гідравлічних) і ліній зв’язку, в проектах автоматизації розробляють схеми, що розрізняються за видами та типами. За видами схеми поділяють на: електричні, пневматичні, гідравлічні, комбіновані.

Найбільшого поширення в практиці автоматизації технологічних процесів набули електричні прилади і засоби автоматизації. Це пояснюється великою різноманітністю доступної апаратури та приладів, а також наявністю на об’єктах джерел електроживлення необхідної потужності та напруги.

У зв’язку з цим найбільшого поширення набули електричні схеми. У специфічних умовах, наприклад, вибухонебезпечних виробництвах, зазвичай застосовуються пневматичні прилади і засоби автоматизації, що зумовило необхідність виконання великої кількості різних пневматичних схем.

Гідравлічні схеми менш поширені через громіздкість гідравлічної апаратури та складнощі у передачі гідравлічних командних імпульсів на великі відстані. Однак, у ряді випадків у проектах зустрічаються комбіновані електропневматичні, електропневмогідравлічні, пневмогідравлічні та електрогідравлічні схеми.

Схеми автоматизації класифікуються за типами на структурні, функціональні, принципові, монтажні та з'єднань. Зазвичай такі схеми виконують без дотримання масштабу, але монтажні схеми відображають дійсне просторове розташування засобів автоматизації та монтажних виробів.

У проектах автоматизації використовують такі електричні схеми як: структурні, функціональні, принципові, з'єднань, підключень та інші.

Всі апарати, що застосовуються в схемах автоматизованого та автоматичного управління електроустановками, поділяються на захисні, командні, проміжні, виконавчі та сигнальні.

Апарат для автоматизації вибирають з урахуванням його призначення, напруги, величини струму, кліматичних умов, вимог до захисту навколишнього середовища та інших характеристик. Під час вибору елементів також необхідно враховувати режими роботи робочих машин і механізмів, вимоги до техніки безпеки та протипожежні правила.

Командні апарати створюють первинні імпульси для вмикання, вимикання та зміни режиму роботи електроустановок. До таких апаратів належать шляхові та кінцеві вимикачі, поплавкові, манометричні, температурні та інші реле, а також контактні термометри. Шляхові та кінцеві вимикачі використовуються для замикання і розмикання кіл керування за допомогою упорів (кулачків) в автоматизованих установках, коли потрібна подача командних імпульсів при певному положенні механізму.

Вимикачі можуть мати контакти миттєвої та немиттєвої дії. Вимикачі з немиттєвою дією можна застосовувати, коли машина рухається зі швидкістю 0,4 м/хв. При швидкостях, менших за 0,4 м/хв, слід використовувати кінцеві та шляхові вимикачі з миттєвим розмиканням контактів.

Командні апарати вибираються за такими параметрами, як напруга, струм, кількість і тип контактів, а також захист від навколишнього середовища.

Проміжні апарати передають і підсилюють первинні імпульси та забезпечують певну послідовність виконання технологічних операцій. До проміжних апаратів відносяться реле напруги різних типів, реле часу тощо.

Промисловість випускає проміжні реле різних серій, таких як РП, ПЕ, МКУ та інші. Вони різняться за наступними характеристиками: напруга котушки; кількість і тип (замикаючий, розмикаючий) контактів; розривна потужність контактів або струм, який можуть комутувати контакти.

Серед можливих типів реле слід вибирати те, яке споживає найменшу потужність.

Реле часу забезпечує затримку між подачею командного імпульсу для замикання або розмикання кола керування та фактичним здійсненням цих операцій. Деякі реле часу (програмні реле) мають багатоконтактну систему, яка дозволяє керувати певними процесами у заздалегідь визначеній послідовності.

За принципом дії сповільнюючого органу реле часу поділяють на: механічні (маятникові); електромеханічні; моторні; електромагнітні; електропневматичні; електронні; інші види.

Реле часу вибирають за такими параметрами: витримка часу, яка визначається ходом технологічного процесу; напруга живлення; розривна потужність контактів; кількість програм і інші характеристики.

Первинні перетворювачі, такі як датчики тиску, вологості, температури та рівня, вибирають залежно від параметрів контрольованої величини. При цьому важливо враховувати похибку та межі вимірювальної величини. Датчик вибирають так, щоб величина, яку він вимірює, знаходилася в межах допустимих значень $^1/_3 - {}^2/_3$ діапазону його шкали. Струм, який може комутувати датчик, повинен бути більшим робочого струму $I_{н.а.} \geq I_р$.

Виконавчі апарати призначені для виконання робочих функцій у системах неавтоматизованого, автоматизованого та автоматичного керування.

До виконавчих апаратів автоматизованого та автоматичного керування належать: електромагнітні пускачі; контактори; різноманітні реле тиску, температури, швидкості; електромагнітні клапани; виконавчі механізми з приводом від електродвигуна (як однообертовим, так і багатообертовим).

Однообертові виконавчі механізми включають типи МЕОБ, МЕСК, ДР-М, ДР-ІМ, ІМ-2/120 та ІМТМ-4/25. До багатообертових механізмів належать типи МЕМ та двигуни постійного струму типів МІ, СЛ і ДПМ.

Особливістю однообертових виконавчих механізмів є те, що їх вихідний вал обертається з постійною швидкістю на кут, не більший 360°. Необхідний кут повороту встановлюється за допомогою кінцевих вимикачів.

Виконавчі механізми з приводом від електродвигуна вибирають залежно від моменту, необхідного для приводу заслінок.

Сигнальні апарати призначені для надання інформації про хід технологічного процесу та стан керованого об'єкта, а також для передавання командних сигналів обслуговуючому персоналу.

Для цієї мети використовують електричні звукові та світлові сигнальні апарати. До звукових сигнальних апаратів належать дзвінки, сирени та ревуни. До світлових сигнальних апаратів належать сигнальні лампи. Промисловість випускає

арматуру для сигнальних ламп різних типів: АЕР – з лампами розжарювання потужністю 10 Вт і АСЛ – з люмінесцентними лампами. В арматуру вмонтовано баластні опори.

Сукупність сигнальних, релейних і комутаційних апаратів створює систему сигналізації. Залежно від призначення, системи сигналізації бувають: інформаційні; попереджувальні; аварійні.

Сигналізація положення інформує обслуговуючий персонал про стан і положення електричних апаратів, машин і кіл. Наприклад, чи ввімкнено електродвигун, чи він справний або несправний тощо.

Сигнальні апарати вибирають за такими характеристиками, як напруга і колір лінз. Для сигналізації положення використовують білі, жовті і зелені лінзи, а для аварійної сигналізації – червоні.

4.2 Вибір параметрів управління

Вибір регульованих величин і каналів внесення впливу регулювання.

З-поміж численних параметрів, що описують процес, слід виділити ті, які можливо регулювати та зміна яких сприятиме ефективному управлінню. Зазвичай їх кількість не перевищує $^1/_4$ усіх параметрів, що беруть участь в управлінні. Таке завдання можна виконати лише на основі аналізу цільового призначення процесу та його взаємозв'язків з іншими виробничими процесами.

На основі результатів аналізу обирають критерій управління, його задане значення та параметри, зміною яких найдоцільніше здійснювати вплив. Це досягається завдяки статичним і динамічним характеристикам процесу, які дають уявлення про взаємозалежність параметрів. Наприклад, залежність виходу кінцевого продукту від температури та тиску. Регуляційний канал обирають таким чином, щоб регулюючий вплив викликав максимальну і швидку зміну контрольованої величини, тобто щоб коефіцієнт підсилення об'єкта через цей канал був максимальним.

Після того, як обрано критерій управління та канали впливу, починається аналіз ТОУ, враховуючи можливі збурення та способи їх усунення. Зосереджують увагу на стабілізації вхідних параметрів, оскільки їх зміни викликають найбільш суттєві збурення. Як правило, не всі збурення можна усунути до моменту їх впливу на об'єкт, особливо важко передбачити та ліквідувати внутрішні збурення. Оскільки повністю усунути всі збурення неможливо, вони призводять до зміни режимних параметрів і критерія управління. Це створює необхідність у регулюванні режимних параметрів, що в свою чергу веде до створення комбінованої системи управління, яка включає регулювання критерія управління, режимних і вхідних параметрів.

Вибір контрольованих величин.

Контролювати слід параметри, за значеннями яких здійснюється оперативне управління технологічним процесом. Такими параметрами є всі режимні, вихідні та вхідні параметри, зміна яких призводить до збурень у системі. Обов'язковому контролю підлягають параметри, значення яких встановлені технологічною картою.

Вибір величин сигналізації.

Вибір починають після аналізу ТОУ щодо його вибухо- та пожежонебезпеки, токсичності та агресивності оброблюваних речовин, можливих аварій та нещасних випадків. Параметри, граничні значення яких можуть спричинити вибух, пожежу, нещасні випадки, аварії, вихід з ладу обладнання, значне порушення технологічного режиму, випуск некондиційної продукції та брак, підлягають передаварійній (а за потреби попереджувальній) сигналізації.

Сигналізації підлягає факт зміни кількісних і якісних характеристик кінцевого продукту, а також непередбачена технологічним регламентом зупинка окремих агрегатів.

Вибір параметрів і способів захисту.

Коли пристрої сигналізації сповіщають оперативний персонал про небажані події, необхідно вжити відповідних заходів для їх ліквідації. Якщо ці заходи виявляться неефективними і параметр досягне аварійного значення, спрацьовують системи протиаварійного захисту (ПАЗ). Вони автоматично за заданою програмою перерозподіляють матеріальні або енергетичні потоки, вмикають і вимикають апарати об'єкта, щоб запобігти вибуху, аварії, нещасному випадку тощо. Повернення ТОУ в робочий стан після спрацьовування ПАЗ здійснюється технологічним персоналом.

Комплекс заходів захисту розробляють з урахуванням особливостей ТОУ, аналізу аварійних ситуацій і категорії вибухонебезпечності ТОУ. У разі відключення живлення система ПАЗ має забезпечити переведення ТОУ в безпечний стан.

4.3 Адаптація параметрів інтелектуальних технологічних комплексів

Природним напрямом розвитку ПІД-регуляторів є створення методів, які зменшують витрати людської праці на їх установку, налаштування та обслуговування. Налаштування може здійснюватися вручну або автоматично, без участі людини (автоналаштування).

Автоналаштування може виконуватися цілковито автоматично або «за вимогою», коли ініціатором налаштування виступає людина. Повністю автоматичне налаштування може ініціюватися при досягненні заздалегідь

визначених умов, таких як зміна навантаження, зовнішніх впливів, регулювальних похибок або безперервно в часі.

Автоматичне налаштування, що здійснюється без участі людини, називається адаптацією. Наприклад, автоналаштування під час зміни кількості яєць в інкубаторі або навантаження на валу двигуна є проявами адаптації. Одним із видів адаптації є розімкнуте управління параметрами регулятора (табличне автоналаштування), коли попередньо визначені параметри регулятора для різних умов роботи системи заносяться в таблицю, і витягуються з неї під час досягнення умов, які ініціюють адаптацію.

Адаптація, по суті, є повільним процесом, тому її не можна розглядати як безперервне спостереження параметрів регулятора за змінними параметрами об'єкта. Варто зазначити, що регулятори, налаштовані в автоматичному режимі, зазвичай налаштовані гірше, ніж у ручному режимі. Це пояснюється тим, що комп'ютер не здатен виконувати складні й нечітко сформульовані завдання краще за людину.

На сьогодні відсутні прості, надійні та загальноприйняті методи автоматичного налаштування. Найпростішим методом адаптації ПІД-регулятора до змінних властивостей об'єкта управління є табличне управління коефіцієнтами регулятора. Цей метод може використовуватися не лише для адаптивного управління, але і для керування нелінійними об'єктами, нестаціонарними процесами, коли необхідно змінювати параметри залежно від певних умов.

Принцип табличного управління дуже простий. Враховуючи можливі зміни режиму роботи системи (наприклад, різні варіанти завантаження інкубатора яйцями), виконують ідентифікацію об'єкта для кількох різних режимів і визначають параметри регулятора для кожного з них. Значення цих параметрів заносять у таблицю. У процесі функціонування системи вимірюють величину, що характеризує режим роботи системи (наприклад, вагу яєць за допомогою датчика ваги або рівень рідини в автоклаві за допомогою датчика рівня) і відповідно до її значень вибирають з таблиці коефіцієнти ПІД-регулятора.

Описана система може бути розглянута як система з двома контурами регулювання. Однак контур, що слугує для адаптації, у нашому прикладі з рівнем рідини в автоклаві або вагою яєць в інкубаторі, є розімкненим. Через це табличне управління відзначається високою швидкодією, відсутністю помилкових спрацьовувань або розбіжностей алгоритмів адаптації.

У загальному випадку таблиця може бути багатовимірною; для зменшення її розмірності можна застосовувати інтерполяцію даних за допомогою сплайнів. Недоліком цього методу є великі витрати на початкову ідентифікацію, необхідну для складання таблиці. Проте частково цю проблему можна вирішити

використанням спеціальних програмних засобів для автоматичної ідентифікації та адаптації регулятора, які дозволяють автоматично заносити отримані параметри в таблицю.

Табличне управління коефіцієнтами регулятора доцільно застосовувати в ситуаціях, коли заздалегідь відомі види та розміри дестабілізуючих факторів, які також можна виміряти.

ТЕМА 5 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

5.1 Основні відомості про діагностування інтелектуальних технологічних комплексів

Підвищення ефективності технологічних комплексів (ТК) тісно пов'язане з оцінкою стану об'єкта, аналізом виробничих ситуацій та прогнозуванням їхнього розвитку. Перші два етапи здійснюються шляхом діагностування ТК. Діагностування – це процес виявлення та локалізації несправностей об'єкта діагностування (ОД).

Існує кілька видів діагностування (контролю):

1. Робоче технічне діагностування (робоче діагностування) полягає в подачі на об'єкт робочих впливів;

2. Тестове технічне діагностування (тестове діагностування) здійснюється шляхом подачі на об'єкт тестових впливів;

3. Експрес-діагностування проводять за обмеженої кількості параметрів протягом заздалегідь встановленого часу;

4. Оперативне тестове діагностування (оперативне діагностування) полягає в отриманні інформації про технічний стан об'єкта за заздалегідь спланованою стратегією в процесі його функціювання;

5. Безперервне технічне діагностування (безперервне діагностування) – це отримання інформації про технічний стан об'єкта безперервно;

6. Періодичне технічне діагностування (періодичне діагностування) – це отримання інформації про технічний стан об'єкта через встановлені інтервали часу;

7. Самодіагностування здійснюється за допомогою вбудованих засобів діагностування.

Часто застосовують функційне, тестове і змішане діагностування.

8. Функційне діагностування. Вхідними впливами на ОД є робочі впливи, передбачені робочим алгоритмом функціювання об'єкта. Не слід плутати функційне діагностування з діагностуванням об'єкта під час його функціювання (це більш загальне поняття). Функційне діагностування, наприклад ТЕЗа чи окремого

модуля, може проводитися не під час роботи системи, частиною якої вони є, а за допомогою зовнішніх засобів через емуляцію роботи цієї системи. По суті, це робоче діагностування. Функційне діагностування поділяють на апаратне, програмне і змішане.

9. Тестове діагностування. На ОД подають тестові впливи, які відрізняються від робочих. Вихідні реакції ОД і вхідні впливи набувають специфічного характеру, невластивого робочим режимам об'єкта. У тестовому діагностуванні розрізняють: загальне (структурне), покомпонентне та комбіноване.

Тестове загальне (структурне) діагностування здійснюють у цілому, контролюючи цілісність і правильність монтажу, вихідні параметри ОД та правильність виконання відповідних функцій всією структурою об'єкта. Тестові впливи подають на входи ОД через крайові з'єднувачі, а відповідні реакції знімають з вихідної частини з'єднувачів, іноді – з внутрішніх контрольних точок структури об'єкта.

Загальне (структурне) діагностування поділяють на функційне тестування, параметричний контроль та функційно-параметричний контроль, відомий також як «контроль технічного стану» або визначення продуктивності комп'ютерної системи.

Тестове покомпонентне діагностування – це послідовність перевірок кожного компонента структури за умови, що на нього не впливають пов'язані з ним компоненти. У таких випадках діагностування передбачає ідентифікацію несправностей (процес виявлення несправностей із заданою точністю) елементів контрольованих компонентів. Цей процес поділяється на етапи: констатація факту наявності несправності, визначення типу і класу несправності та встановлення місця її прояву. У покомпонентному діагностуванні виокремлюють такі види поелементне, пофрагментне і змішане.

Поелементне діагностування передбачає проведення допускового контролю для оцінювання параметрів кожного електрорадіоелемента пристрою. Такий вид діагностування також називають внутрішньосхемним параметричним контролем, внутрішньосхемним діагностуванням або внутрішньосхемним контролем. Пофрагментне і змішане діагностування залежать від об'єкта, до якого належать.

Тестове комбіноване діагностування здійснюється шляхом послідовних структурних і покомпонентних перевірок як об'єкта в цілому, так і його частин, компонентів і елементів за допомогою спільних апаратурних засобів. Це спрощує процес тестування, наближаючи його до робочих режимів функціювання пристрою, який діагностується, і полегшує пошук несправностей різних класів і дефектів.

Змішане діагностування охоплює комбінації різноманітних видів діагностування.

Засоби діагностування поділяють на такі види:

1. Автоматичний засіб технічного діагностування – функціонує без участі оператора;

2. Автоматизований засіб технічного діагностування – працює з частковою участю оператора;

3. Вмонтований засіб технічного діагностування – є складовою частиною об'єкта;

4. Зовнішній засіб технічного діагностування – конструктивно відокремлений від об'єкта;

5. Бортовий засіб технічного діагностування – як самостійний виріб входить до складу ОД;

6. Спеціалізований засіб технічного діагностування – призначений для діагностування одного об'єкта або групи однотипних об'єктів.

При застосуванні функційного методу діагностування на об'єкт діагностування подаються робочі впливи, що передбачені робочим алгоритмом функціювання об'єкта. Під час тестового структурного (загального) діагностування на входи МПП подають тестові впливи, а на виходах реєструють відповідні реакції, за якими аналізують правильність виконання функцій, що реалізуються цифровою структурою пристрою.

Необхідними умовами здійснення структурного методу діагностування є вимірювання та аналіз різноманітних діагностичних параметрів ОД, а також виконання складних процедур і програм перевірок, що ускладнює процедуру діагностування.

Суть тестового покомпонентного діагностування полягає у послідовних перевірках кожного компонента структури окремо, за умови виключення взаємного впливу пов'язаних з ним компонентів. Компонентами в даному випадку є вмонтовані в друковану плату інтегральні схеми та інші елементи.

Діалектично методи структурного і покомпонентного тестування доповнюють один одного з точки зору повноти діагностування та глибини пошуку несправностей. Тому їхня комбінація є виправданою. Під час її реалізації структурні та покомпонентні перевірки поєднуються відповідно до певних стратегій.

Найбільш повне поєднання методів структурного та покомпонентного тестування реалізується в методі тестового комбінованого діагностування обчислювальних пристроїв. При цьому комбіноване тестування не слід

ототожнювати з простим об'єднанням структурних і покомпонентних перевірок. Тестове комбіноване діагностування має власну теорію, стратегію та алгоритми.

Тестове комбіноване діагностування полягає у проведенні послідовних структурних і покомпонентних перевірок як ОД у цілому, так і його фрагментів і компонентів за допомогою спільних апаратурно-програмних засобів. Це дозволяє спростити процес тестування, максимально наблизивши його до робочих режимів обчислювального пристрою чи системи, які діагностуються, забезпечуючи пошук несправностей різних класів і досягнення необхідної глибини їхнього виявлення.

5.2 Комбінації і стратегії систем тестування

Для підвищення ефективності процесу діагностування у виробничих умовах використовують різні комбінації систем тестування в межах однієї технологічної лінії та різні стратегії. Серед них – послідовна (тандемна), паралельна та паралельно-послідовна (паралельно-тандемна).

За послідовної стратегії системи покомпонентного діагностування (СПД) спершу виявляють статичні несправності. У разі виявлення такі несправності усуваються в процесі усунення несправностей (УН). Після цього об'єкт діагностування (ОД) надходить до системи структурного діагностування (ССД) для перевірки за принципом «придатний-непридатний».

Під час паралельної стратегії систем тестування спершу проводять відбракування за принципом «придатний-непридатний» за допомогою ССД. Потім несправні ПКПСІ надходять до СПД для ідентифікації статичних несправностей. Після їх усунення ПКПСІ повертаються для повторного контролю за принципом «придатний-непридатний».

Застосування паралельно-послідовної стратегії передбачає спочатку проведення контролю за принципом «придатний-непридатний» за допомогою першої ССД. Вироби, які не пройшли контроль, надходять на СПД для ідентифікації статичних несправностей. Після їх усунення вони передаються на іншу ССД для повторного контролю за принципом «придатний-непридатний» та ідентифікації окремих класів динамічних несправностей.

Реалізація тестування ПКПСІ за допомогою системи комбінованого діагностування (СКД) значно спрощує процес тестування. Конфігурація технологічної лінії залишається незмінною для всіх стратегій. До її складу входять СКД та дільниця (технологічне місце) усунення несправностей.

Тестування з послідовною стратегією виконується на СКД, контроль за принципом «придатний-непридатний» не здійснюють. Спочатку виявляють і усувають статичні несправності. У разі відсутності таких несправностей, ті ж операції проводять для динамічних несправностей і на основі цього роблять

висновок про придатність виробу. Ця стратегія найефективніша, коли кількість статичних і динамічних несправностей досить велика, а вироби випускаються порівняно невеликими серіями.

У паралельній стратегії тестування ПКПСІ, що реалізується на СКД, розрізняють два типи.

У першому типі проводять контроль за принципом «придатний-непридатний». Відбраковані вироби підлягають ідентифікації та усуненню статичних несправностей. Після цього вони повторно проходять контроль за принципом «придатний-непридатний». Ця стратегія найефективніша, якщо динамічні несправності мають незначну питому вагу, а вироби виробляються великими серіями.

За другої стратегії тестування ПКПСІ проводять контроль за принципом «придатний-непридатний». У відбракованих виробах ідентифікують і усувають статичні несправності. На основі цього роблять висновок про придатність виробу. Така стратегія найефективніша, коли ігнорують ідентифікацію динамічних несправностей, що призводить до необґрунтованих втрат за різної серійності виробництва ПКПСІ.

Стратегії тестового комбінованого діагностування є простішими і ефективнішими порівняно зі стратегіями поетапного застосування систем структурного і покомпонентного діагностування. Це досягається завдяки використанню лише однієї системи діагностування – СКД у процесі діагностування ПКПСІ. Такий підхід дозволяє уникнути необхідності передавати вироби від однієї системи до іншої для тестування, що в свою чергу зменшує кількість операторів і обслуговуючого персоналу.

Комбінації ССД і СПД в основному орієнтовані на ідентифікацію статичних несправностей. Використовуючи стратегії СКД і одночасно ідентифікуючи статичні та динамічні несправності, можна підвищити достовірність контролю та діагностування ПКПСІ.

5.3 Алгоритм пошуку несправностей за тестовим діагностуванням

Для розроблення алгоритмів пошуку несправностей за тестового комбінованого діагностування ПКПСІ застосовують такий ієрархічний підхід:

1. Розподіл на рівні: поділ системи на декілька рівнів, де кожен рівень містить свої компоненти і функції;

2. Діагностика на рівні: здійснення діагностування кожного рівня окремо для ідентифікації несправностей;

3. Ідентифікація компонентів: визначення несправних компонентів на кожному рівні шляхом послідовних перевірок;

4. Комбіноване тестування: поєднання результатів діагностування на різних рівнях для досягнення високої точності виявлення несправностей.

Цей підхід дозволяє ефективно ідентифікувати та усувати несправності, забезпечуючи високу достовірність і точність діагностування.

При цьому:

1. Визначення несправних ПКПСІ здійснюється шляхом відбракування виробів за принципом «придатний-непридатний». Для цього проводять структурне тестування ОД, подаючи тестові впливи, що максимально наближені до робочих. Тестові послідовності складають на основі інформації про алгоритм роботи пристрою, що спрощує їх створення;

2. Визначення несправних фрагментів ПКПСІ певних функційних вузлів здійснюється шляхом тестування фрагментів структури пристроїв (фрагментів ТЕЗів). Для цього подають сигнали тестових впливів, які генеруються відповідно до часової діаграми роботи цих фрагментів, і зчитують відповідні реакції в запланований момент. Модель фрагмента складається на алгоритмічному або функціональному рівні, що спрощує складання тестових послідовностей;

3. Визначення несправних компонентів і елементів у фрагменті структури ПКПСІ здійснюється шляхом покомпонентно-структурного тестування, особливо для компонентів з високим рівнем інтеграції, таких як ВІС і НВІС. Тестову програму для діагностування розробляють на основі моделей цих компонентів.

5.4 Контроль і діагностування багатопроцесорних систем

Тестове діагностування багатопроцесорних систем (БПС) може здійснюватися різними способами. Найпоширенішим з них є організація діагностування БПС за допомогою ядра.

Ядро – це сукупність апаратних і програмних засобів, які забезпечують реалізацію тестового діагностування систем. Ядро завжди вважається справним. Існує декілька типів ядер, серед яких виділяють плаваюче, жорстке, централізоване та розподілене ядро.

Плаваюче ядро – це ядро з непостійним складом. Жорстке ядро має постійний склад. Централізоване ядро організовується на одному заздалегідь визначеному справному комп’ютері. Розподілене ядро може бути організоване на будь-якому комп’ютері комп’ютерної системи (КС), навіть на неперевіреній. Істинний стан системи визначається під час взаємних перевірок.

Найпоширенішими є БПС із централізованим ядром, які будують з використанням спеціального обслуговуючого сервісного процесора, призначеного для контролю або діагностування системи та підтримання працездатності основної системи, зокрема центрального процесора. Як обслуговуючий процесор

використовують автономний комп’ютер з власною конструкцією. Щоб зменшити ймовірність спільних відмов обслуговуючого та основного процесора, їх часто функційно та конструктивно відділяють один від одного. Обслуговуючий процесор має своє окреме програмне забезпечення, яке сумісне з програмним забезпеченням основного процесора, але не контролюється ним.

Апаратура обслуговуючого процесора включає контролер (пристрій керування) з засобами порівняння кодових комбінацій, набір адаптерів для взаємодії обслуговуючого процесора з пристроями основної системи, один або кілька пультів керування з дисплеями. До системи можуть також входити дистанційні пульти керування, пов'язані з обслуговуючим персоналом через модеми для передавання сигналів через канали зв'язку. Вони розташовані в центрі обслуговування різних обчислювальних систем.

Класифікація моніторів.

Монітори створюються на основі різних методів вимірювань та засобів їх реалізації. Серед них виділяють трасуючий і вибірковий методи.

Трасуючий метод полягає в реєстрації подій і відповідності моментам зміни стану обчислювальної системи. До таких подій належать початок і кінець завдання, етапи виконання завдання, процесорна обробка, звернення до зовнішньої пам'яті тощо. Монітори, які вимірюють процес функціонування системи за допомогою цього методу, називаються трасуючими.

Монітор реєструє події у вигляді подвійного набору даних T, що складається з послідовності записів S1, S2, S3 тощо, які відповідають послідовності подій. Він записує момент виникнення події, імена процесу та ресурсу, з якими ця подія пов’язана, а також параметри події, наприклад, кількість переданих байтів даних. Використання пристрою системи може бути представлено у вигляді діаграм.

Функцією вибіркового методу є реєстрація стану обчислювальної системи у визначені моменти часу через проміжки d. У моменти t = ni, де n = 1, 2, 3…, вибірковий монітор фіксує стан системи, записуючи дані з керуючих таблиць у відповідні записи. Можна також фіксувати електричні сигнали, що відображають стан пристроїв системи у визначені моменти. Отримані дані дозволяють оцінити тривалість процесів, розміри ресурсів, а також ймовірність станів.

Тривалість станів визначається як Pt = ni/n, де ni – кількість вибірок, за яких був зафіксований даний стан, а n – загальна кількість вибірок, яка визначає тривалість процесу вимірювань. Головна перевага вибіркового монітора полягає в можливості вимірювання великої кількості швидких процесів за умов обмеженої швидкості.

Залежно від виконуючих функцій монітори поділяються на універсальні та спеціалізовані. Універсальні монітори реєструють всі події або більшість з них.

Обсяг даних, що вимірюється, є досить великим і становить 107 і більше байт на один процес. Універсальні монітори використовуються в окремих випадках, наприклад, для оцінки конкретних системних або прикладних процесів.

Спеціалізовані монітори реєструють окремі події або стани, що спрощує процес вимірювань. Вони широко використовуються для обліку виконаних робіт та оцінювання завантаженості ресурсів, а також як постійні вимірювальні засоби для діагностування систем протягом усього часу їх роботи.

Для діагностування комп'ютерних систем використовують програмні монітори, реалізовані у вигляді програми, яку виконує сама комп'ютерна система. Залежно від їх розташування в комп'ютерній системі програмні монітори поділяються на вбудовані та автономні.

Вбудований програмний монітор – це набір програм, інтегрованих в операційну систему. Він має статус керуючої програми і призначений для надання основної інформації про систему.

Автономний програмний монітор – це набір прикладних програм операційної системи, які дозволяють фіксувати широкий спектр подій під час трасуючого та вибіркового методів вимірювань. Цей тип монітора призначений для надання розширених відомостей про систему.

Також існують апаратурні монітори, які представляють собою комплекс технічних і програмних засобів, призначених для діагностування процесів функціонування комп'ютерних систем. Монітор аналізує електричні сигнали, що відображають стан окремих блоків і пристроїв системи, отримуючи інформацію про їх стан. Вимірювання здійснюють у визначених точках блоків і пристроїв за допомогою зондів. Дані вимірювань записують на певні носії та аналізують, а їх оперативні оцінки використовують для контролю правильності функціонування.

5.5 Методологія поетапного діагностування цифрових і мікропроцесорних пристроїв

Всі пристрої проходять через етапи проектування, виробництва та використання. Виробництво можна поділити на частини – основні, допоміжні та обслуговуючі процеси. Основні процеси – це ті, що безпосередньо пов'язані з виробництвом, проектуванням і використанням пристроїв. Варто звернути особливу увагу на поступовий процес діагностики Ц і МПП.

Процес діагностики Ц і МПП включає кілька послідовних операцій, і може бути лінійним, циклічним або комбінованим.

Лінійний технологічний процес діагностики – це послідовний ланцюг операцій. Циклічний процес – це замкнута послідовність операцій. Комбінований

процес діагностики включає послідовний ланцюг операцій з паралельними розгалуженнями або замкнутими ланцюгами.

Основні принципи технологічного процесу діагностики Ц і МПП включають: можливість реалізації, розумну достатність і раціональність (економічна ефективність), поетапну наступність та ієрархічність реалізації.

Основною частиною технологічного процесу діагностики Ц і МПП є технологічна діагностична операція. Це частина процесу діагностики, що виконується над одним або декількома об’єктами, на одному робочому місці, за участю одного або кількох експертів або розробників.

Технологічні процеси діагностики Ц і МПП базуються на відповідних методах. Найпоширеніші з них: функційний, тестовий і змішаний методи.

Методи тестової діагностики зазвичай реалізуються за допомогою зовнішніх засобів щодо МПП. Внутрішні засоби діагностики використовуються для контролю функцій, які має виконувати МПП.

Вибір методу діагностики залежить від рівня моделі мікропроцесорного пристрою як об’єкта діагностики. Основні принципи моделювання Ц і МПП як об'єктів діагностики включають багаторівневе моделювання МПП, синтез математичної моделі МПП або цифрових пристроїв за їх фрагментами, які можна подавати на різних ієрархічних рівнях, а також опис компонентів підвищеного ступеня інтеграції (ВІС і НВІС) за допомогою структурних моделей на етапах виробництва і експлуатації.

Основні цілі моделювання:

1. Створення детального формалізованого опису технологічного процесу діагностики Ц і МПП;

2. Визначення послідовності та взаємозв'язків технологічних діагностичних операцій;

3. Отримання необхідних значень діагностичних параметрів об’єктів діагностики;

4. Вибір критеріїв для оптимізації моделей діагностики з метою подальшої оцінки ефективності технологічного процесу.

5.6 Особливості моделювання на різних етапах життєвого циклу пристрою

Моделювання процесу діагностики Ц і МПП здійснюється на етапах проектування, виробництва та використання пристрою. Особливості моделювання на етапі проектування пов'язані з специфікою діагностичних операцій. Для пристроїв, змонтованих на друкованих платах (картриджах), ці діагностичні операції включають:

1. Вибір тестопридатних мікропроцесорних комплектів (наборів мікросхем системної логіки) інтегральних схем (ІС);

2. Розробка фрагментів тестових структур пристрою на базі спеціальних ІС;

3. Розробка методик компонування елементів і компонентів пристроїв, враховуючи вимоги контролю і діагностики (необхідна кількість контрольних точок, транспортування несправностей на вихід структури пристрою чи на контрольні точки для спостереження їх прояву);

4. Вибір додаткових контрольних точок для діагностики пристрою;

5. Декомпозиція структури (цифрової, аналого-цифрової) пристрою з метою реалізації обраного методу діагностики;

6. Аналіз і вибір міжкомпонентних та міжфрагментних зв’язків (ліній, шин, магістралей) для діагностики пристрою.

Діагностичні операції поділяють на три групи:

1. Діагностичні операції для розроблення загальної моделі процесу діагностики. Це група загальних операцій (Е), які є спільними для всіх етапів життєвого циклу пристрою або системи;

2. Операції, пов'язані зі специфікою моделювання процесу діагностики на етапі проектування. Ці операції формують множину (Еосп);

3. Усі діагностичні операції, що використовуються у процесі діагностики пристроїв на етапі проектування, утворюють множину (Епр). Моделювання процесу діагностики включає вибіркове поєднання загальних діагностичних операцій із множини (Евиб) та діагностичних операцій із множини (Еосп). У підсумку, це створює ланцюжок діагностичних операцій, який описує множину (Епр), що є об'єднанням операцій для процесу діагностики пристроїв на етапі проектування.

Діагностичні операції на етапі виробництва Ц і МПП, пов'язані зі специфікою моделювання, включають:

1. Вхідний контроль компонентів пристрою для виявлення несправностей, таких як невиконання функцій, незадовільні робочі характеристики тощо;

2. Візуальний контроль пристроїв для виявлення механічних пошкоджень, неправильної орієнтації мікросхем, незмонтованих компонентів та інших подібних проблем;

3. Програмний контроль за принципом «придатний-непридатний» для перевірки правильності функціонування об’єкта діагностики та відбракування несправних пристроїв;

4. Виявлення детермінованих несправностей;

5. Ідентифікація статичних несправностей, таких як коротке замикання, обриви, константні («=0» чи «=1») і логічні несправності;

6. Ідентифікація динамічних несправностей, зокрема тих, що виникають через «змагання» сигналів або завад під час перемикання груп елементів;

7. Ідентифікація несправностей, пов'язаних із шинною структурою пристрою;

8. Виявлення випадкових несправностей;

9. Повторний програмний контроль за принципом «придатний-непридатний» після усунення виявлених несправностей.

Діагностичні операції на етапі виробництва Ц і МПП поділяють на три групи:

1. Діагностичні операції, зазначені під час створення загальної моделі діагностики. Вони входять до множини Е. Основна їх особливість у тому, що частина або всі вони можуть бути частиною діагностичних операцій на будь-якому етапі життєвого циклу пристрою;

2. Діагностичні операції, характерні лише для етапу виробництва. Це елементи множини Еосв;

3. Усі діагностичні операції, що використовуються у процесі діагностики на етапі виробництва. Це елементи множини Евир.

Моделювання процесу діагностики пристроїв на етапі виробництва включає вибіркове поєднання загальних діагностичних операцій (з множини Е) з операціями специфічними для виробництва (з множини Еосв). Це створює ланцюг діагностичних операцій (множина Евир), який визначає послідовність операцій на етапі виробництва Ц і МПП.

Стратегія діагностики Ц і МПП базується на виборі послідовності діагностичних операцій. Вибір стратегії ґрунтується на застосованому методі діагностики та відповідних апаратних і програмних засобах.

Основне завдання діагностики Ц і МПП на етапі експлуатації – контроль працездатності пристрою та виявлення дефектних компонентів і елементів у разі його несправності. Важливо, що цей контроль здійснюється безпосередньо на місці використання пристрою. Якщо є резервний справний пристрій, він замінює несправний.

Глибокий аналіз несправностей проводять здебільшого у діагностичних лабораторіях. Для контролю працездатності використовують здебільшого програмні засоби, а для виявлення несправних компонентів і елементів – як програмні, так і апаратні засоби. Це слід враховувати при моделюванні процесу діагностики на етапі експлуатації.

Особливості моделювання процесу діагностики на етапі експлуатації включають такі діагностичні операції:

1. Регулярний візуальний огляд пристроїв на наявність механічних та інших пошкоджень;

2. Програмний контроль під час увімкнення в мережу живлення або при проведенні профілактичних робіт;

3. Контроль та діагностика за допомогою діагностичних програм операційних систем безпосередньо на місці використання пристрою;

4. Контроль та діагностика за допомогою програм виробників пристроїв, що здійснюється безпосередньо на місці використання;

5. Контроль та діагностика за допомогою програм виробників пристроїв у спеціалізованих діагностичних лабораторіях;

6. Контроль та діагностика пристроїв за допомогою програм фірм-розробників у спеціалізованих діагностичних лабораторіях.

Ці діагностичні операції можуть бути розбиті на підопераці нижчого рівня, залежно від типу пристрою і виявлених несправностей.

Під час експлуатації можуть виявлятися недоліки та помилки, що залишилися з попередніх етапів моделювання. Для їх виправлення інформація про ці недоліки передається до відділів, що займаються проектуванням і виробництвом Ц і МПП.

5.7 Інтелектуальне діагностування МПП і систем

Складові інтелектуального діагностування.

У методах інтелектуальної діагностики МПП та систем найбільший інтерес викликають самонавчання, експертні системи, штучні нейронні мережі та нечітка логіка.

Проте під час розробки цих систем важливо враховувати елементи, які входять у процес прийняття рішень людиною: цілі, факти, правила, механізми висновків і спрощення.

На початковому етапі проектування засобів та процесу діагностики обчислювальної техніки необхідно чітко визначити цілі, спираючись на інформацію про об’єкт діагностики (ОД). Потрібно уточнити клас завдання, яке потрібно вирішити, а також обрати відповідну форму та терміни опису.

Визначення фактів є важливим етапом інтелектуальної діагностики МПП і систем. По-перше, потрібно вибрати тільки необхідні факти, а по-друге, вказати їх відносну важливість (вагу). Це допомагає досягти поставлених цілей. Чим більша вага факту, тим важливіший він для вирішення завдання. Далі переходять до визначення конкретних даних про ОД і призначення значень відомим змінним. Факти подають у певній формі: ті, що містять конкретну інформацію, стають даними і заносяться у базу даних, а ті, що будуть використовуватись у майбутньому процесі діагностики МПП і систем, зберігаються в комп’ютері автоматизованої системи діагностики як база знань.

Правила, які є складовими штучного інтелекту, допомагають системі діагностики правильно оцінювати дані та досягати поставлених цілей. Вони узагальнюють кілька фактів і роблять їх використання більш зручним та ефективним.

Механізм висновку реалізується за допомогою способів прямого і зворотного ланцюгів міркувань. У випадку прямого ланцюга міркування йде від даних до логічного висновку. А зворотний ланцюг працює навпаки: спочатку є висновок, а потім шукають дані, які його підтверджують.

Механізм спрощення керує пошуком додаткових правил для перевірки мети, аж поки не будуть перевірені всі можливі способи досягнення мети діагностики ОД. Також він ігнорує непотрібні міркування для діагностики.

Основними компонентами інтелектуалізації процесу діагностики МПП і систем є:

1. Визначення цілей проектування засобів і процесу діагностики;
2. Визначення підходів для досягнення цих цілей;
3. Визначення фактів, необхідних для досягнення цілей;
4. Досягнення цілей за допомогою правил і механізму висновків;
5. Отримання конкретних даних про об'єкт діагностики (ОД);
6. Документування нових фактів для перевірки цілей за допомогою механізму висновків.

Елементи самонавчання штучного інтелекту в автоматизованих системах діагностики почали використовувати раніше за інші технології. Самонавчання тісно пов'язане з навчанням і доповнює його в системах технічної діагностики. Тобто те, що не вдається досягти безпосереднім навчанням, намагаються досягти самонавчанням, особливо коли не вистачає знань для опису поведінки об'єкта діагностики (ОД).

Реалізація цих принципів може бути представлена автоматизованою системою поелементного діагностування (АПД). Адаптація АПД передбачає автоматичне поповнення системи потрібною інформацією про ОД і за її надходженням зміну змісту тест-векторів. Те саме стосується і несправностей. Принцип самонавчання дозволяє оптимізувати пошук дефектів шляхом накопичення знань та забезпечити необхідні зміни в алгоритмах функціонування системи.

Самонавчання системи діагностики здійснюється за різними стратегіями. Серед них: індуктивне навчання на основі дерева прийняття рішень, аналітичне навчання, навчання з поясненням несправностей, навчання за аналогією, навчання на основі теорій штучних нейронних мереж тощо. Найефективнішою є комбінована стратегія, яка поєднує елементи кількох стратегій та знання експерта про несправності ОД зі знаннями, отриманими з математичної моделі об'єкта.

Експертні системи технічної діагностики – це набір програм, які класифікують об'єкти діагностики (ОД) та їхні несправності, аналізують ці несправності, надають консультації та ставлять діагнози.

Експертні системи технічної діагностики орієнтовані на завдання, які може вирішити лише експерт у сфері технічного діагностування МПП і систем. Для створення експертної системи технічної діагностики МПП і систем потрібно вирішити такі завдання:

1. Визначення цілей роботи експертної системи діагностики;

2. Вибір способів представлення фактів і знань з технічної діагностики конкретного класу мікропроцесорних пристроїв і систем;

3. Вибір способу опису функцій, які виконує об'єкт діагностики (ОД) під час тестування, та заходи для спрощення цього опису;

4. Вибір способу взаємодії оператора з системою діагностики;

5. Вибір платформи та мови програмування для реалізації експертної системи діагностики;

6. Визначення методів і способів розвитку експертної системи діагностики на основі нововиявлених фактів або зміни існуючих правил.

Зібрані дані про діагностування ОД подають у формі таблиць і графіків.

Ще один важливий компонент для моделювання та розробки процесу діагностики МПП і систем — це штучні нейронні мережі. У технічній діагностиці обчислювальних пристроїв і систем можна використовувати штучні нейронні мережі як з зворотними зв'язками, так і без них.

Системи тестового діагностування (СД) складаються з керуючої ЕОМ (КЕОМ), генератора тестових дій (Г) і блоку проміжної буферної пам’яті (БП) для збереження відповідних реакцій. КЕОМ створює блок тест-векторів і записує їх у генератор. За командою від КЕОМ генератор на основі записаних тест-векторів формує сигнали тестових впливів, які через паралельні незалежні канали надходять на об'єкт діагностики (ОД). На виходах ОД з'являються сигнали відповідних реакцій, які фіксуються у БП.

У системах тестового комбінованого діагностування блоки генератора (Г) і буферної пам'яті (БП) інтегровані. Це дозволяє змінювати напрямок передачі інформації до об'єкта діагностики (ОД) у кожному такті синхронізатора. В одному такті сигнал тестового впливу подається на ОД, а у наступному такті той же канал використовується для прийому сигналу відповідної реакції.

Вбудовані засоби тестування цифрових структур мають подібну структуру, але система діагностики є частиною основної апаратури.

На основі штучних нейронних мереж без зворотних зв'язків можна створювати тестові системи, де генератор і буферна пам'ять працюють в одному напрямку щодо об'єкта діагностики (ОД).

Найбільше зацікавлення викликає побудова систем діагностики цифрових структур на основі штучних нейронних мереж із зворотними зв'язками. Це дозволяє системі самонавчатись, використовуючи еталон. Маючи еталонний цифровий пристрій, система під час під'єднання його як об'єкта діагностики (ОД) сама генерує тест. У випадку несправного ОД система автоматично визначає місце прояву несправностей, а їх опис заноситься до бази даних.

ТЕМА 6 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

6.1 Програмне забезпечення АСУ

Основні функції АСУТП включають: керуючу, інформаційну та допоміжну.

Керуюча функція забезпечує регулювання та стабілізацію окремих технологічних змінних, логічне керування окремими апаратами, програмно-логічне керування групою обладнання, оптимальне керування технологічним процесом та адаптивне керування.

Інформаційна функція АСУТП відповідає за збір, обробку і надання інформації для оперативного персоналу або передачу її на вищі рівні автоматизації. Це включає:

– централізований контроль і вимірювання всіх важливих технологічних параметрів;

– обчислення необхідних показників, навіть непрямих, для отримання повної картини;

– надання оперативному персоналу актуальної та важливої інформації;

– оцінку загального стану автоматизованої системи та прогнозування можливих змін;

– підготовку та передачу даних у суміжні системи для синхронізації.

Допоміжна функція не має користувачів за межами АСУТП.

Залежно від того, наскільки людина бере участь у керуванні, є два режими роботи АСУТП:

1. Автоматизований – керування здійснюється за участю оператора через різні режими:

– ручний: система представляє інформацію оператору, а він сам обирає і керує процесом;

– радник: система пропонує рекомендації, а оператор вирішує, чи використовувати їх;

– діалоговий (супервізорний): система сама виконує керування, але оператор може вносити корективи.

2. Автоматичний режим керування працює без участі оперативного персоналу. Існують два основні режими:

– непряме керування: коли система змінює налаштування локальних автоматичних контурів керування (САК) або налаштовує параметри САК;

– пряме цифрове керування: коли система безпосередньо керує виконавчими пристроями.

До складу програмного забезпечення входять загально-системні та спеціальні програми, а також інструкції та методичні матеріали для використання ПЗ і персоналу, що його розробляє та підтримує протягом всього життєвого циклу системи.

Загальне ПЗ постачається разом з технічними засобами та забезпечує їх роботу.

Системне ПЗ включає програми, які створені для широкого кола користувачів і допомагають організовувати обчислювальний процес та вирішувати найпоширеніші задачі з обробки даних. Такі програми дозволяють розширювати функціональні можливості комп'ютерів, автоматизувати планування черги обчислювальних робіт, контролювати та керувати процесом обробки даних, а також полегшують роботу програмістів.

Спеціальне ПЗ – це набір програм, які створюються спеціально для конкретної автоматизованої системи управління. Воно відповідає за керування технологічним процесом та включає пакети прикладних програм (ППП), які організовують дані та обробляють їх під час виконання функціональних завдань системи.

Спеціальне математичне забезпечення складається з пакету прикладних програм, які організовують і обробляють дані для виконання необхідних функцій управління в межах визначених економіко-математичних та організаційних моделей.

Інформаційне забезпечення включає дані про стан процесу, технічні засоби, системи класифікації і кодування технологічної та економічної інформації, масиви даних і документів, а також нормативно-довідкову інформацію.

Організаційне забезпечення – це інструкції та регламенти для оперативного персоналу, а також опис функціональної, технічної та організаційної структури.

6.2 Типи програмного забезпечення для АСУ

Найвищою класифікаційною ознакою АСУ є сфера її застосування. Виділяють економіко-організаційну, технологічну та проектно-конструкторську сфери.

АСУ поділяються на три класи:

1) економіко-організаційні (АСУП);

2) управління технологічними процесами (АСУ ТП);

3) проектно-конструкторські (САПР).

Економіко-організаційні АСУ включають міжгалузеві системи, як-от: автоматизована система планових розрахунків, фінансових розрахунків, державної статистики, інформаційно-пошукова система науково-технічної інформації та інші. Також є виробничі системи до яких належать: галузеві автоматизовані системи управління, системи управління акціонерними товариствами та концернами, автоматизовані системи управління підприємствами (АСУП). Територіально-адміністративні АСУ включають системи управління областями, міським господарством, адміністративними районами та територіально-виробничими комплексами.

До автоматизованих систем управління виробничими процесами входять системи для управління безперервним виробництвом, автоматизованими потоковими лініями, комплексними лініями агрегатів і верстатів, а також верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПУ). Останнім часом верстати з ЧПУ об'єднують в обробляючі модулі, які разом з транспортно-нагромаджувальними системами створюють гнучкі виробничі системи (ГВС).

Системи автоматизованого проектування використовуються для створення креслень деталей і вузлів машин, а також для проектування елементної бази, виробничих та технологічних процесів.

Досвід впровадження і використання автоматизованих систем показав їхню високу ефективність. Окрім економічного ефекту, впровадження галузевих АСУ значно впливає на характер роботи управлінського персоналу міністерств і відомств. Автоматизація інформаційного обслуговування підвищила інформованість управлінців.

6.3 Автоматизовані системи управління АСУП, АСУ ТП, САПР

Існують такі типи автоматизованих систем управління (АСУ):

– системи організаційного (або адміністративного) керування (АСОК);

– системи управління технологічними процесами (АСК ТП).

До АСОК входять автоматизовані системи управління підприємством (АСУП), галузеві автоматизовані системи управління (ГАСК) та спеціалізовані автоматизовані системи для управління господарськими функціями. Це такі

системи, як автоматизовані системи планових розрахунків (АСПР), державної статистики (АСДС), управління матеріально-технічним постачанням (АСК МТП), управління науково-технічним процесом (АСК НТП) та інші. Також відомі АСУ у гірничій промисловості.

Відомі автоматизовані системи управління (АСУ) у гірничій промисловості включають системи для збагачувальних фабрик, шахт, кар'єрів, а також системи типу АСК-Нафта та АСК для виробничо-господарської діяльності. До цього переліку також входять: АСК-Газ, АСК для газодобувних та газотранспортних підприємств, АСК ТП для головних споруд, компресорних цехів та станцій, станцій підземного зберігання газу, устаткування комплексної підготовки та попередньої обробки газу.

Для діагностики інтелектуальних технологічних комплексів використовують програмне забезпечення, розроблене виробником промислових контролерів, модулів вводу-виводу, АЦП, модулів узгодження сигналів, датчиків і виконавчих механізмів. Крім того, застосовується програмне забезпечення, створене IT-спеціалістами на мовах програмування високого рівня, а також проекти або стратегії для програмного забезпечення вищого рівня АСУ (SCADA-системи).

ТЕМА 7 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

7.1 Методи прогнозування надійності

Сьогодні у різних сферах науки і техніки існує багато методів прогнозування показників надійності. Вони відрізняються завданнями, які вирішують, і використовуючим математичним апаратом.

Залежно від обсягу інформації, що використовується для прогнозування, ці методи поділяються на три групи:

– методи експертних оцінок, що застосовуються, коли немає достовірної інформації про об’єкт і даних про зміни його стану під час експлуатації;

– методи, що базуються на екстраполяції, використовуються, коли є достатньо повних даних, але невідомі загальні закономірності зміни стану об’єкта під час експлуатації;

– методи моделювання, які застосовуються, коли є достатній обсяг статистичних даних про зміни стану однотипних об’єктів у процесі експлуатації.

Методи екстраполяції часто використовуються для прогнозування технічного стану об'єктів.

Основою для прогнозування технічного стану є аналітичне прогнозування. Це означає, що на основі багатовимірного вектора станів S (s1, s2, ..., sn) або діагностичних сигналів X (x1, x2, ..., xm), виміряних у певні моменти часу (t1, t2,

..., ti, ..., tk), необхідно визначити їх значення в наступні моменти часу tj (j = k + 1, ..., k + l).

Аналітичне прогнозування технічного стану об'єктів ґрунтується на виявленні тенденцій у зміні параметрів або діагностичних сигналів під час експлуатації.

Основні закономірності можна описати часовою функцією. Цю залежність називають трендом (trend, англ. – тенденція), і вона виражає усереднену тенденцію за певний період спостережень. Цей тренд можна екстраполювати на наступні періоди часу.

Використання аналітичних методів під час прогнозування технічного стану об’єкта дозволяє отримати масив ретроспективних значень прогнозованого параметра X(ti). Це включає виділення тренда у вигляді тимчасової функції та оцінку точності прогнозу.

Знаходження функції регресії f(x)=x(t), яка апроксимує зміну параметра або процесу в часі, є важливим етапом прогнозування. Це визначає результати екстраполяції тренда.

Щоб обрати вид апроксимуючої функції, використовують різні методи. Наприклад, метод послідовних різниць, який визначає ступінь полінома для апроксимації. Також є критеріальні методи, які оцінюють, наскільки фактична крива відповідає розрахунковій.

7.2 Етапи та задачі надійності

Основним шляхом досягнення надійності пристроїв і систем є підвищення якості проектування та виготовлення. Загалом сукупність факторів надійності впливає на здатність базових елементів конструкцій до безперебійної роботи.

Щоб забезпечити необхідні характеристики пристроїв і визначити їх конструкційну надійність, потрібно провести попередню оцінку.

На першому її етапі розраховуються і порівнюються показники надійності для різних варіантів виконання пристроїв, після чого обирається оптимальний варіант. Тут не потрібно знати точні значення показників надійності окремих елементів пристроїв, оскільки оцінка є порівняльною для розглянутих варіантів.

На другому етапі виконується поглиблене дослідження надійності обраного варіанту, щоб забезпечити відповідність заданим умовам. Тут необхідно знати точні показники надійності елементів. Наприклад, виробництво сучасних електричних машин здебільшого серійне, що забезпечує подібність машин кожної серії і полегшує екстраполяцію показників надійності на нові зразки. Показники надійності комплектувальних виробів мають бути надані постачальником.

Третій етап контролю надійності включає тестування дослідних зразків та порівняння результатів із розрахунковими значеннями. Результати цих

випробувань та розрахунків дозволяють вносити корективи у конструкцію, матеріали та інші варіанти виконання пристроїв.

Основними способами підвищення надійності пристроїв є спрощення конструкцій, їх мінімізація та використання якісних активних і конструкційних матеріалів.

Водночас необхідно підтримувати на належному рівні техніко-експлуатаційні показники, такі як питомі витрати активних і конструкційних матеріалів на одиницю потужності, мінімальні габарити, вартість тощо. Ці вимоги суперечать вибору засобів підвищення надійності, тому при проектуванні пристроїв треба детально аналізувати всі заходи для досягнення заданої надійності. Крім того, потрібно ретельно проводити випробування макетних і дослідних зразків на відповідність технічним вимогам за надійністю, а також розробляти технічні умови, норми експлуатації та інші стандартні документи.

Основою теорії надійності є математичний апарат, що спирається на такі сучасні розділи математики, як теорія ймовірностей, математична статистика, теорія випадкових процесів, масове обслуговування, математична логіка, теорія графів, оптимізація, експертні оцінки та великі системи. Теорія надійності допомагає вирішувати практичні завдання, пов'язані зі статистичною оцінкою, аналізом пристроїв, прогнозуванням, випробуванням і оптимізацією технічних рішень. Це важливо для забезпечення надійності під час проектування, створення та експлуатації електротехнічного обладнання, установок і систем.

Для визначення проблем та вирішення задач надійності роботи систем потрібно:

– проаналізувати фактори, що можуть негативно впливати на роботу системи;

– розробити математичну модель взаємозв’язку окремих явищ, які визначають виникнення пошкоджень і порушень роботи установки та її відновлення як випадкового процесу;

– запропонувати, як враховувати надійність у моделях прийняття технічних рішень у проектних і експлуатаційних завданнях.

Залежно від конструкції систем, модулів та елементів, список задач для дослідження параметрів надійності може бути розширений.

7.3 Прогнозування технічного стану систем

На основі фізичних принципів можна передбачити технічний стан обладнання. Процеси зміни характеристик і розмірів деталей та вузлів слідують конкретним законам, що дозволяють точно прогнозувати їхні зміни.

Відповідно до технологічних вимог виробництва, технічні пристрої виготовляються з певними допустимими розмірами, враховуючи хімічні та структурні властивості матеріалів.

Інтенсивність зношування деталей і вузлів пристроїв значною мірою залежить від організації та регулярності технічного обслуговування та поточного ремонту. При нерегулярному або відсутньому технічному обслуговуванні й ремонті швидкість зношування деталей і вузлів зростає, швидко досягаючи критичних значень. Всі ці фактори впливають на точність прогнозування роботи обладнання.

Сучасні методи прогнозування не можуть передбачити раптові відмови, що супроводжуються різкими змінами параметрів стану деталей або вузлів обладнання до критичних значень. Проте можна з певною точністю передбачити поступові відмови, які супроводжуються поступовими змінами параметрів технічного стану і викликані зношуванням або старінням матеріалу деталей та вузлів обладнання. Процеси зношування та старіння деталей і вузлів переважно містять як детерміновані, так і випадкові складники. Кожен з них може мати значний вплив в окремих випадках, визначаючи характер цих процесів.

Основною метою прогнозування є визначення залишкового ресурсу системних елементів та агрегатів. Ресурс визначається як експлуатаційний період об'єкта від моменту початку його використання або відновлення після ремонту до досягнення граничного стану, коли подальша експлуатація повинна бути припинена через вимоги безпеки або економічні обґрунтування.

У техніці для визначення ресурсу часто використовують такі терміни, як доремонтний, міжремонтний, залишковий та використаний ресурс. Доремонтний ресурс визначається періодом роботи нового обладнання від початку експлуатації до першого ремонту, а міжремонтний ресурс – періодом роботи між ремонтами.

Під час прогнозування також визначають залишковий ресурс, тобто період роботи обладнання від моменту діагностики (контролю) до граничного стану, зазначеного у технічній документації. Використаний ресурс характеризується періодом роботи обладнання після його виготовлення або ремонту до моменту діагностики (контролю).

Для попереднього порівняння технічного стану елементів пристрою з різними діагностичними параметрами можна використовувати поняття коефіцієнта технічного ресурсу. Цей коефіцієнт допомагає оцінити залишковий ресурс деталей, спряжень або вузлів.

Відмова або загроза відмови часто виникає через пошкодження однієї-двох деталей або вузлів, що обумовлено різною зносостійкістю компонентів обладнання. Конструкція передбачає просту заміну швидкозношуваних деталей.

Після заміни або ремонту таких деталей пристрій відновлює працездатність і отримує певний запас часу до наступної загрози втрати функціональності.

Методи отримання результатів прогнозування включають наступні групи:

– визначення параметрів технічного стану об'єкта;

– оцінка ймовірності зміни характеристик контрольованих параметрів за встановлені межі;

– формулювання критеріїв працездатності та довговічності.

Для прогнозування використовують три методи: аналітичний, ймовірнісний і статистичної класифікації.

Метод аналітичного прогнозування застосовують у випадках, коли зміна контрольованого параметра є інерційною у часі і поступово накопичується. У такому випадку завданням прогнозування є визначення моменту часу, коли параметр досягне свого допустимого значення Пд, використовуючи відомі значення функції контрольованого параметра П(t) у минулому та теперішньому часі, а також їх проєкцію на майбутнє.

Ймовірнісний метод прогнозування ґрунтується на теорії ймовірності та застосовується для розв'язання практичних завдань діагностування.

Теорія ймовірностей досліджує закономірності випадкових явищ, які часто повторюються. Для визначення параметрів ймовірнісного прогнозування використовуються поняття подій та формули Баєса.

Подія – це явище, що може відбутися або не відбутися. Події можуть бути можливими або неможливими.

7.4 Технічні засоби діагностики

Інструменти, за допомогою яких проводиться діагностика технічного стану об'єкта, називаються технічними засобами діагностики. Діагностування може виконувати оператор, такий як людина, контролер або наладчик.

Вибір та розробка засобів технічної діагностики здійснюється з урахуванням таких факторів:

– серійне виробництво систем;

– масштаб виробництва об'єкта та його складність;

– вимоги до діагностичного обладнання (точність, продуктивність, надійність та інші параметри).

Засоби технічної діагностики створюються паралельно з об'єктом. Для складних об'єктів особливо актуальними стають питання підвищення контролепридатності.

Контролепридатність – це характеристика об'єкта, яка визначає його здатність до проведення контролю за допомогою визначених засобів.

Рівень контролепридатності об'єктів визначає, наскільки ефективно вирішуються завдання технічної діагностики, а також впливає на продуктивність і якість виробництва. Під час експлуатації рівень контролепридатності впливає на коефіцієнт готовності (Kg) та витрати, пов'язані з ремонтом.

Коефіцієнт готовності є показником надійності ремонтованих об'єктів, який визначає ймовірність їх працездатності в будь-який обраний момент часу між плановими технічними обслуговуваннями.

Контролепридатність забезпечується шляхом модифікації структури об'єкта для зручності проведення діагностики. Це досягається введенням додаткових елементів (апаратури) – вбудованих засобів тестової діагностики ще на стадії проектування та конструювання об'єкта.

До вбудованих засобів тестової діагностики відносяться:

– додаткові контрольні точки;

– додаткові входи для блокування сигналів і завдання необхідних значень сигналів;

– апаратні засоби, які змінюють структуру об'єкта під час діагностики;

– апаратні засоби, що генерують тестові завдання та аналізують результати.

Технічні засоби для діагностики (ТЗД) складного автоматизованого технологічного обладнання залежно від призначення поділяються на: вбудовані і зовнішні.

Зовнішні системи діагностики можуть бути як мобільними, так і стаціонарними.

Мобільні засоби (пристрої) використовуються для контролю параметрів та діагностики об'єктів під час приймально-здавальних випробувань, а також у процесі експлуатації та ремонту.

Стаціонарні засоби (стенди) переважно застосовуються для дослідження та випробування об'єктів у процесі їх створення. При розробці та експлуатації ТЗД забезпечується метрологічне обслуговування, яке включає перевірку (атестацію), юстування та ремонт.

Юстування (від нім. Justieren – вивіряти, регулювати, від лат. Justus – правильний) – це набір операцій, спрямованих на зменшення похибок вимірювальних засобів, приладів та механізмів до рівнів, що відповідають технічним вимогам.

Функціональна діяльність ТЗД передбачає виявлення пошкоджень із заданою ймовірністю, а також реєстрацію та прийняття рішень щодо відповідності або невідповідності поточного технічного стану контрольованого обладнання номінальним значенням.

ТЗД найчастіше використовуються для реалізації таких методів діагностики:

– метод тимчасових інтервалів;

– метод контрольних осцилограм;

– метод контролю параметрів.

Метод тимчасових інтервалів спрямований на моніторинг часу циклу роботи системи автоматизації та її окремих компонентів.

Метод використання контрольних осцилограм слугує для діагностики складних систем автоматизації. Цей підхід передбачає аналіз графічного представлення параметрів у часі, що дозволяє робити висновки про працездатність та технічний стан системи та її компонентів.

Метод контролю параметрів полягає у визначенні та вимірі різних параметрів, які впливають на працездатність системи або її окремих компонентів. Аналіз цих параметрів дозволяє оцінити, чи відповідають вони встановленим межам, та визначити технічний стан системи.

7.5 Сучасне обладнання діагностики інтелектуальних технологічних комплексів

Ефективність технічного діагностування інтелектуальних технологічних комплексів досягається через пристосованість конструкції вузлів і агрегатів для діагностичних обстежень. Завдяки цьому можна легко оцінити стан системи та її окремих компонентів.

Засоби для технічної діагностики доцільно проектувати одночасно з конструкціями мехатронних пристроїв. Такий підхід забезпечує більш ефективне та точне діагностування стану систем та їх компонентів.

Засоби технічної діагностики включають набір контрольних та вимірювальних приладів, інструментів і стендів. Вони забезпечують збір повної інформації про технічний стан контрольованого вузла або агрегату.

Засоби технічної діагностики, які відповідають вимогам, визначаються експлуатаційними підприємствами, що контролюють головні параметри, що характеризують працездатність вузла чи агрегату.

Програма діагностування обмежується лише необхідними експлуатаційними межами та організовується таким чином, щоб мінімізувати кількість підключень апаратів, приладів і механізмів.

Трудомісткість діагностичних обстежень зменшується завдяки автоматизації процесів перемикання та їх програмуванню.

Результати технічного діагнозу представляються у формі картограм, таблограм та інших графічних і табличних форматів.

Діагностування може проводитись як загально, так і поелементно за всіма ключовими параметрами. В залежності від цілей, також може застосовуватись

інший підхід до діагностичного обслуговування: спеціалізовані пости, розташовані окремо або інтегровані в потокову лінію для об'єктів, або комплексні станції для загального обстеження.

Інтегровані в системи управління обладнанням бортові діагностичні системи мають великий потенціал. Вони надають оператору вичерпну інформацію про залишковий ресурс та працездатність вузлів і агрегатів.

7.6 Види діагностики технічних засобів і їх параметри

Якість мехатронних систем визначається їх властивостями, які забезпечують відповідність призначенню та задовольняють певні потреби. Один із ключових показників якості – це надійність, що включає безвідмовність, довговічність, здатність до зберігання та ремонтопридатність.

Основні принципи, методи та засоби забезпечення надійності включають:

– вибір, удосконалення та розробку нових матеріалів;

– пошук і впровадження нових фізичних принципів роботи автоматизованих систем;

– впровадження нових видів енергії та засобів її перетворення;

– створення захисних умов для систем під час впливу значних зовнішніх факторів;

– вдосконалення виробничих технологій;

– використання різних видів резервування та надмірності;

– реалізація заходів для підвищення ефективності збору, обробки та використання інформації, включаючи застосування захисних кодів і кодів для захисту від перешкод, а також розробку високоякісного математичного забезпечення.

Під час оцінювання надійності системи використовуються такі поняття:

– резервування (від лат. reservo – зберігаю) – метод підвищення надійності системи, який передбачає застосування структурної, функціональної, інформаційної та тимчасової надмірності для забезпечення виконання мінімально необхідних функцій;

– надмірність – наявність додаткових можливостей системи, що перевищують мінімально необхідні для її нормального функціонування. Під час діагностування систем важливо визначити технічний стан об’єкта, оцінюючи працездатність і правильність функціонування на всіх етапах експлуатації.

Технічні основи надійності та діагностування взаємопов'язані і закладаються на етапах проектування, виробництва та експлуатації. Ці процеси створюють базу для подальшої оцінки працездатності системи.

На сьогоднішній день сучасні засоби забезпечують ідеальну повноту виявлення та глибину пошуку дефектів систем. Це досягається завдяки використанню діагностичних методів моделювання поведінки системи як у справному стані, так і за наявності дефектів.

Тестове діагностування широко використовується завдяки своїй послідовності та системності вхідних впливів. Цей метод дозволяє ефективно оцінювати стан системи.

Тест (від англ. «test» – проба, випробування, дослідження) – це завдання з відомим рішенням, призначене для перевірки якості системи. Такі тести оцінюють справність або працездатність об’єкта, допомагаючи виявити будь-які можливі несправності. Тести пошуку дефектів використовуються для виявлення місця та, за можливості, причин виникнення дефектів, які впливають на справність і працездатність діагностованого об’єкта.

Для дискретних об'єктів тести та їх алгоритми розробляються на основі структурних або функціональних моделей. Вони можуть бути або чітко визначеними (детермінованими), або ймовірнісними.

Засоби тестового діагностування складаються з двох ключових елементів: генератора тестових сигналів і аналізатора реакцій об'єкта на ці сигнали.

Генератор та аналізатор є функціонально і конструктивно незалежними. Генератор зберігає і генерує тести, подаючи їх на об'єкт діагностування. Аналізатор зберігає отримані відповіді, порівнює фактичні результати з очікуваними та видає діагноз.

Іноді аналізатор включає в себе еталон (справну копію об'єкта) та схему порівняння. Часто частина функцій генератора і аналізатора виконується людиною.

Сучасний метод визначення параметрів та стану об’єкта – це функціональне діагностування, яке може здійснюватися безперервно, періодично або епізодично.

При функціональному діагностуванні визначаються:

– конкретні функції та умови застосування об'єкта;

– працездатність об'єкта під час експлуатації;

– типи та переліки дефектів, що підлягають виявленню під час діагностування;

– розподіл завдань діагностики за різними періодами життєвого циклу об'єкта;

– алгоритм функціонального діагностування та його види;

– глибина функціонального діагностування;

– склад обладнання для функціональної діагностики (апаратний, програмний, автоматичний чи ручний, спеціалізований чи універсальний, зовнішній чи вбудований тощо).

Для створення алгоритмів систем функціонального діагностування (СФД) використовуються математичні моделі як самого об’єкта, так і його пошкоджень. Це допомагає встановити взаємозв'язок між ступенем розвитку пошкоджень, дефектів і змінами вимірюваних параметрів.

7.7 Автоматизовані діагностичні системи

У сучасній промисловості широко впроваджуються автоматизовані електроприводи з програмним керуванням, які успішно демонструють свою ефективність. Сучасні виробничі процеси висувають до таких приводів жорсткі вимоги, зокрема щодо надійності їхньої роботи. Завдяки наявності таких приводів підприємства можуть максимально використовувати можливості промислових технологій, вирішувати нові завдання, розробляти високоефективні технологічні машини та автоматизувати різноманітні технологічні процеси.

Для забезпечення максимальної захищеності від несприятливих умов навколишнього середовища мікропроцесорні приводні системи керування та відображення інформації розміщуються в спеціалізованих, ізольованих шафах. Це дозволяє підтримувати стабільну роботу систем навіть в умовах високої вологості, температурних коливань та запиленості.

Сучасні мікропроцесорні пристрої керування здатні інтегрувати приводи або групи приводів у єдину систему управління технологічними процесами. Вони також забезпечують комплексну діагностику та віддалений моніторинг стану приводів, що дозволяє оперативно виявляти та усувати будь-які потенційні проблеми, тим самим забезпечуючи безперебійну роботу виробничих систем.

Під час роботи постійно контролюються стан приводу, параметри значення впливу та похибки позиціонування. Для зручності використання та налаштування ці дані виводяться на цифровий індикатор або інший засіб візуалізації, що забезпечує простий та інтуїтивний доступ до необхідної інформації.

Ефективність застосування електроприводів у складних технологічних системах підтверджується значним позитивним досвідом їх промислової експлуатації. Це дозволяє впевнено рекомендувати використання таких приводів у новостворених та модернізованих системах автоматизації, забезпечуючи їхню надійність та продуктивність.

Сучасні технологічні інновації у сфері автоматизації значно спрощують і прискорюють процес розробки промислових систем керування. Завдяки цим передовим рішенням інженери можуть створювати більш ефективні та надійні системи, що відповідають вимогам сучасних виробництв.

Використання автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) дозволяє створювати ієрархічне керування виробництвом,

транспортом та енергетичними процесами. Такі системи, оснащені сучасним обладнанням, інтегруються з рішеннями типу SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) або DCS (Distributed Control Systems), забезпечуючи комплексний та ефективний контроль над виробничими процесами.

До технічних вимог сучасних підсистем автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) належать:

– вибір оптимального обладнання, що базується на критеріях ефективності, надійності, компактності та захищеності від зовнішніх впливів, з дотриманням міжнародних стандартів;

– забезпечення широкого температурного діапазону роботи технічних засобів локальних систем автоматичного управління;

– захист контрольно-вимірювальних і інформаційних каналів від зовнішніх впливів, а також посилення передаваних сигналів;

– підтримка стандартних каналів обміну технологічною інформацією між окремими автоматизованими об’єктами, централізованою системою управління та контролю;

– можливість обміну даними інформаційними каналами у реальному часі;

– забезпечення високоефективного людино-машинного інтерфейсу у системі візуалізації та моніторингу;

– ефективне, з точки зору витрат часу, реконфігурування, налаштування, а також пошук і усунення пошкоджень.

Розглянемо головні переваги системи управління та збору даних з використанням Compact RIO та середовища розробки LabVIEW на прикладі створення системи температурного контролю.

Розглянемо схему системи температурного контролю вентилятора.

Система обладнана контрольним та керуючим пристроєм Compact RIO, що складається з наступних компонентів:

– контролера реального часу на базі промислового процесора, що підтримує операції з плаваючою точкою. У цьому контролері використовується промисловий процесор класу Pentium із частотою 200 МГц, який дозволяє виконувати програми LabVIEW Real-Time Module з детермінованим часом виконання операцій. Розробка багатопоточних контрольно-вимірювальних систем у режимі жорсткого реального часу стає значно ефективнішою завдяки великій бібліотеці функцій, яка постачається з LabVIEW;

– реконфігурованих шасі з вбудованою програмованою логічною інтегральною схемою (ПЛІС), яка містить один мільйон логічних вентилів. Використовуючи ПЛІС, можна розробляти власні схеми керування та збору даних, забезпечуючи точне тактування та синхронізацію процесів. ПЛІС інтегрується з

усіма модулями вводу-виводу, встановленими в шасі, за топологією «зірка», що забезпечує прямий доступ до кожного з них та дозволяє здійснювати гнучку та точну синхронізацію;

– набору модулів вводу-виводу різного типу, включаючи термопарні модулі з діапазоном вимірювання сигналів від ±80 мВ до універсальних модулів цифрового введення з напругою до 250 VAC/VDC, що дозволяє забезпечувати широкий спектр вимірювань та контролю.

На основі показань датчиків температури та швидкості обертання вентилятора, підсистема регулює напругу живлення, що подається на вентилятор, для підтримки заданого температурного режиму. Цей процес забезпечує ефективне керування та підтримку стабільних умов роботи.

Ефективність застосування електроприводів у складних технологічних системах підтверджується значним позитивним досвідом їх промислової експлуатації. Це дозволяє впевнено рекомендувати використання таких приводів у новостворених та модернізованих системах автоматизації, забезпечуючи їхню надійність та продуктивність.

Сучасні технологічні інновації у сфері автоматизації значно спрощують та прискорюють процес розробки промислових систем керування. Завдяки цим передовим рішенням інженери можуть створювати більш ефективні та надійні системи, що відповідають вимогам сучасного виробництва.

З використанням модульних технологій розробляються роботи та роботизовані системи керування для різних завдань. Ці технології дозволяють створювати високоефективні, адаптивні рішення, які відповідають сучасним вимогам автоматизованих процесів.

ТЕМА 8 СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ І ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ

8.1 Системи прийняття рішень

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) – це інформаційні системи, які використовують апаратне забезпечення, програмне забезпечення, дані, базу моделей та експертну роботу менеджера. Вони підтримують усі етапи прийняття рішень у процесі аналітичного моделювання, забезпечуючи високий рівень точності та ефективності.

Програмні засоби включають комплекс різних алгоритмів підтримки рішень, базу моделей, базу даних, допоміжні та керівну програми, які забезпечують процес прийняття рішень з урахуванням специфіки проблеми. Ці компоненти

забезпечують процес прийняття рішень, враховуючи специфіку кожної проблеми. Системи підтримки прийняття рішень (СППР) орієнтовані на операційне управління та застосовуються в таких галузях: науково-дослідні роботи, управління персоналом, виробництво, інші галузі.

СППР орієнтуються на операційне управління і застосовуються для виконання науково-дослідних робіт, в управлінні кадрами, виробництвом тощо.

Система підтримки рішень (СПР) (англ. Decision Support System, DSS) – це комп'ютеризована система, яка збирає та аналізує великий обсяг інформації. Завдяки цьому, вона може впливати на процес ухвалення керівних рішень у бізнесі та підприємництві. Її функціональність включає обробку даних, моделювання та підтримку прийняття рішень на всіх етапах, що дозволяє підвищити ефективність та точність управлінських процесів.

На базі керівних інформаційних систем та систем управління базами даних, виникли новітні системи підтримки рішень (СПР). Ці системи створені для того, щоб допомагати у щоденній керівній діяльності, роблячи процес прийняття рішень легшим і ефективнішим. СПР допомагають знайти рішення у ситуаціях, де немає чіткої структури або багато критеріїв для врахування. Вони особливо корисні для задач, які складно вирішити звичайними методами.

СПР зазвичай об'єднують результати досліджень з різних дисциплін. Вони включають елементи теорії баз даних, штучного інтелекту, інтерактивних комп'ютерних систем і методів імітаційного моделювання.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) у 70-х роках**:**

1) дозволяли вирішувати неструктуровані чи слабо структуровані задачі, на відміну від традиційних задач, з якими мають справу операційні дослідження;

2) інтерактивні автоматизовані системи (тобто комп'ютерні системи);

3) розподіл даних і моделей.

Сучасні визначення СПР це:

– набір процедур для обробки даних і висновків, що допомагають керівникам компаній приймати рішення, які базуються на використанні моделей;

– інтерактивні автоматизовані системи, які допомагають приймати рішення, використовуючи дані та моделі для вирішення слабко структурованих проблем;

– система, що надає користувачам доступ до даних і/або моделей для прийняття більш виважених рішень.

Останнє означення не відображає участі комп’ютера у свідомості СПР, можливість включення нормативних моделей до складу СППР тощо.

Зараз немає загальноприйнятого визначення систем підтримки рішень (СПР), оскільки їх конструкція залежить від типу задач, для яких вони створюються,

доступних даних, інформації, знань і користувачів системи. Проте, можна виділити певні елементи та характеристики, які є загальновизнаними частинами СПР.

У більшості випадків, СПР – це інтерактивна автоматизована система, яка допомагає особам, що приймають рішення (ОПР), використовувати дані та моделі для ідентифікації, розв'язання задач і прийняття рішень. Важливо, щоб система могла працювати з інтерактивними запитами, маючи при цьому просту для вивчення мову запитів.

Розглянем характеристики СПР за Turban:

– СПР використовує як дані, так і моделі;

– СПР призначені для допомоги менеджерам у прийнятті рішень для слабко структурованих і неструктурованих задач;

– СПР не замінюють процес прийняття рішень, а підтримують його;

– головна мета СПР – зробити прийняття рішень ефективнішим.

Turban запропонував перелік характеристик ідеальної СПР, що має мало спільних елементів із наведеними вище.

Ідеальна СПР:

– СПР працює з неструктурованими задачами та рішеннями;

– підходить для користувачів різного рівня;

– групова та індивідуальна робота з підтримкою усіх типів рішень: взаємозалежні, послідовні тощо;

– охоплює весь процес прийняття рішень: від інтелектуальної частини до проектування та вибору;

– гнучка та адаптивна до змін всередині організації та в навколишньому середовищі;

– проста у використанні та легко налаштовується під потреби користувача;

– покращує ефективність прийняття рішень та дозволяє людині керувати процесом за допомогою комп'ютера, а не навпаки;

– підтримує еволюційний підхід, легко адаптується до змін;

– легко створюється за наявності чіткої логіки конструкції;

– підтримує моделювання;

– дозволяє використовувати знання, роблячи процес прийняття рішень ще більш інформованим.

Не існує загальновизнаного визначення для СПР, а також вичерпної класифікації. Різні автори пропонують різні підходи до класифікації.

На рівні користувача Haettenschwiler (1999) поділяє СПР на три типи: пасивні, активні та кооперативні.

Пасивна СПР – це система, яка підтримує процес вирішення, але не може запропонувати, яке рішення варто обрати.

Активна СПР – це система, яка може зробити припущення про те, яке рішення варто ухвалити.

Кооперативна СПР дозволяє особам, що приймають рішення (ОПР), змінювати, доповнювати чи покращувати рішення, які пропонує система. Потім ці зміни надсилаються для перевірки. Система відповідно змінює, доповнює або покращує ці рішення та знову надсилає їх користувачу. Процес триває доти, доки не буде отримано узгоджене рішення.

На концептуальному рівні Power (2003) виділяє такі типи СПР:

– керовані повідомленнями (Communication-Driven DSS);

– керовані даними (Data-Driven DSS);

– керовані документами (Document-Driven DSS);

– керовані знаннями (Knowledge-Driven DSS);

– керовані моделями (Model-Driven DSS).

СПР, що керуються моделями, здебільшого працюють з математичними моделями, такими як статистичні, фінансові, оптимізаційні та імітаційні моделі.

Зазначимо, що деякі OLAP-системи, які дозволяють проводити складний аналіз даних, можуть вважатися гібридними СПР, які підтримують моделювання, пошук і обробку даних.

СПР, керована повідомленнями (Communication-Driven DSS), раніше відома як групова СППР (GDSS), підтримує групу користувачів, які працюють над виконанням спільної задачі. СПР, що керуються даними (Data-Driven DSS) або орієнтовані на роботу з даними (Data-oriented DSS), здебільшого фокусуються на доступі до даних і маніпуляціях з ними. СПР, які керуються документами (Document-Driven DSS), займаються керуванням, пошуком і маніпуляцією неструктурованою інформацією, представленою в різних форматах. Нарешті, СПР, що керуються знаннями (Knowledge-Driven DSS), вирішують задачі на основі фактів, правил та процедур.

На технічному рівні Power (1997) розрізняє два типи СПР: СПР всього підприємства та настільну СПР. СПР всього підприємства підключена до великих сховищ інформації та обслуговує декількох менеджерів.

Настільна СППР – це невелика система, яка обслуговує лише один комп’ютер користувача. Існують й інші класифікації, запропоновані такими авторами, як Alter, Holsapple і Whinston, Golden, Hevner та Power.

Колись чудова класифікація Alter, яка поділяла всі СПР на сім класів, сьогодні суттєво застаріла.

Залежно від того, з якими даними працюють ці системи, СПР можна умовно розділити на оперативні та стратегічні.

Оперативні СПР створені для швидкого реагування на зміни в поточній ситуації у сфері управління фінансово-господарчими процесами компанії. Стратегічні СПР призначені для аналізу великих обсягів різнотипової інформації, зібраної з різних джерел.

Основна мета цих СПР – знайти найраціональніші варіанти розвитку бізнесу компанії, враховуючи різні фактори, такі як кон'юнктура цільових ринків, зміни на фінансових ринках і ринках капіталів, зміни у законодавстві тощо.

СПР першого типу відомі як Інформаційні Системи Керівництва (Executive Information Systems, ІСК). По суті, це обмежені набори звітів, створені на основі даних транзакційної системи підприємства. В ідеалі вони відображають у режимі реального часу ключові аспекти виробничої та фінансової діяльності.

Для ІСК характерні такі особливості:

– звіти зазвичай базуються на стандартних запитах компанії, і їх кількість є доволі невеликою;

– звіти представлені у зручному і зрозумілому вигляді: від таблиць до ділової графіки, мультимедійних можливостей та іншого.

Як правило, ІСК орієнтовані на конкретний вертикальний ринок, як-от фінанси, маркетинг чи управління ресурсами.

СПР другого типу забезпечують глибоке опрацювання даних, спеціально перетворених для зручності використання під час прийняття рішень.

Невід'ємною частиною СПР цього рівня є правила рішень. Вони використовують агреговані дані, щоб допомогти менеджерам обґрунтовувати свої рішення, використовуючи фактори стійкого росту бізнесу компанії та зменшуючи ризики. СПР цього типу активно розвиваються останнім часом, а їхні технології базуються на принципах багатократного представлення та аналізу даних (OLAP).

Створюючи СППР, можна використовувати веб-технології. Сьогодні для деяких компаній СПР, засновані на веб-технологіях, стали основними системами.

Архітектура СПР може бути різною залежно від автора. Наприклад, Marakas (1999) запропонував узагальнену архітектуру, що включає п'ять основних компонентів:

– система керування даними (the data management system – DBMS);

– система керування моделями (the model management system – MBMS);

– машина знань (the knowledge engine (KE));

– інтерфейс користувача (the user interface);

– користувачі (the user (s)).

8.2 Експертні системи

Експертна система – це методологія перенесення успішних рішень з однієї сфери науково-практичної діяльності в іншу.

З розвитком комп'ютерних технологій експертна система перетворилась на інтелектуальну програму, засновану на оптимізуючих алгоритмах чи евристиках. Вона містить знання та аналітичні здібності одного або кількох експертів у певній галузі. Ця програма здатна робити логічні висновки на основі наявних знань, що дозволяє вирішувати специфічні завдання (консультування, навчання, діагностика, тестування, проєктування тощо) без участі самого експерта.

Експертна система також визначається як система, що використовує базу знань для вирішення завдань і надання рекомендацій у певній галузі. Часто термін "система, що базується на знаннях" вживається як синонім експертної системи, але можливості експертних систем ширші за системи, які базуються на обмежених і поточно реалізованих знаннях.

Немає єдиного визначення для експертних систем. Різні автори дають свої визначення залежно від того, як ці системи застосовуються та якою є їх структура. Ранні визначення експертних систем передбачали використання нових знань, заснованих на правилах.

Схожі дії виконує програма-майстер (wizard). Майстри зазвичай використовуються в системних програмах для інтерактивного спілкування з користувачем, наприклад, під час встановлення програмного забезпечення (ПЗ).

Головна відмінність майстрів від експертних систем (ЕС) – це відсутність бази знань. Всі дії у майстрах жорстко запрограмовані, і вони просто являють собою набір форм для заповнення користувачем.

Інші подібні програми – це пошукові або довідкові системи. Вони відповідають на запити користувача, надаючи найбільш релевантні розділи бази статей, а альтернативність вибору залежить від того, як сформований запит.

Отже, ми бачимо обмеження методології експертних систем, але й їхні корисні якості, якщо застосовувати їх коректно.

Експертна система відрізняється від інших прикладних програм тим, що моделює механізм людського мислення під час розв’язання задач у цій галузі. Це істотно відрізняє її від систем математичного моделювання чи комп’ютерної анімації. Однак, експертні системи не повинні повністю відтворювати психологічну модель фахівця в цій галузі. Вони повинні лише відтворювати деякі методики розв’язання проблем, які використовуються експертом, за допомогою комп’ютера.

Система не тільки виконує обчислювальні операції, але й формує певні висновки, базуючись на знаннях, якими вона володіє. Знання в системі зазвичай

описуються спеціалізованою мовою та зберігаються окремо від програмного коду, що формує висновки. Цей компонент збереження знань називається базою знань.

Під час розв’язання задач основну роль відіграють евристичні та наближені методи. Вони, на відміну від алгоритмічних, не завжди гарантують успіх. Евристика, по суті, є правилом, яке в машинному вигляді відображає певні знання, набуті людиною через практичний досвід розв'язання схожих проблем.

Ці методи наближені, тому що вони, по-перше, не потребують вичерпної вихідної інформації, а по-друге, існує певний рівень впевненості (або невпевненості) в правильності запропонованого рішення.

Експертні системи відрізняються від інших видів програм штучного інтелекту. Вони використовуються для реальних задач, які зазвичай вимагають великого досвіду, накопиченого людиною. Експертні системи мають чітку практичну спрямованість для використання в науковій чи комерційній сфері.

Однією з ключових характеристик експертної системи є її швидкість роботи, тобто, наскільки швидко вона може надати результати та наскільки ці результати є надійними.

Дослідницькі програми штучного інтелекту можуть бути і не дуже швидкими. Але експертна система повинна знайти рішення швидко, і це рішення має бути не гіршим за те, що запропонував би спеціаліст у цій галузі.

Експертна система має пояснити, чому саме це рішення і чим воно обґрунтоване. Користувач має отримати всю необхідну інформацію, щоб переконатися в його правильності.

Найвідоміші експертні системи створені за допомогою таких мов програмування:

– CLIPS – створення експертних систем;

– Dendral – аналіз даних мас-спектрометрії;

– Dipmeter Advisor – аналіз даних, отриманих під час пошуку нафти;

– Jess (від англ. Java Expert System Shell), оболонка експертних систем на Java. Рушій CLIPS реалізований на мові програмування Java, використовується для створення експертних систем;

– MQL 4 (MetaQuotes Language 4) – опис фінансової стратегії;

– Mycin – діагностика інфекційних хвороб крові та рекомендація антибіотиків

– Prolog – мова програмування, що використовується для створення експертних систем;

– R1/XCON(експертна система) – обробка замовлень;

– SHINE Real-time Expert System (від англ. Spacecraft Health INference Engine) є рушієм для отримання даних про стан і безпеку космічного корабля;

– STD Wizard – експертна система для рекомендації та вибору медичних аналізів (діагностики).

Типові експертні системи мають таку структуру (рис. 8.1):

– база даних (база знань) (не обов’язкова) в яку входить підсистема пояснень;

– машина логічного виведення (розв’язувач);

– інтерфейс користувача.

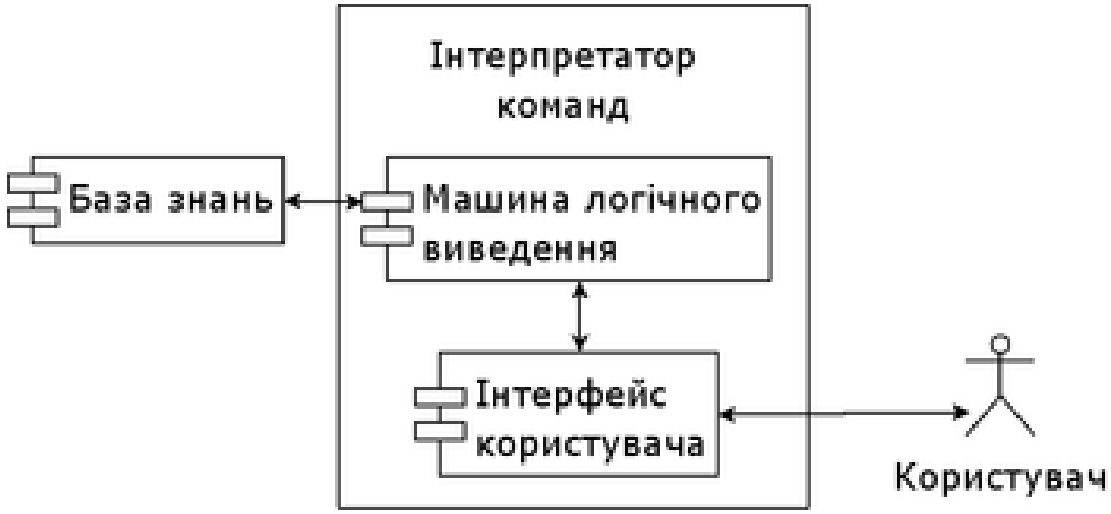


Рисунок 8.1 – Структура типової експертної системи

Наша база знань складається з унікальних правил, що дозволяють аналізувати інформацію від користувача стосовно конкретної проблеми. Експертна система ретельно оцінює ситуацію і, враховуючи її специфіку, пропонує рекомендації для ефективного вирішення проблеми.

Експертні системи (ЕС) створюються завдяки інженерам, які розробляють їх ядро, організовують базу знань та наповнюють її разом з експертами у своїй галузі. Це поєднання технічних навичок і фахових знань дозволяє створити потужні інструменти для ефективного вирішення різноманітних задач.

Теорія представлення знань – це унікальна галузь досліджень, яка гармонійно поєднується з філософією формалізму та когнітивною психологією. Дослідники в цій сфері вивчають методи асоціативного збереження інформації, які нагадують процеси, що відбуваються в мозку людини. Ці методи дозволяють ефективно представити знання та забезпечити їх доступність для подальшого використання.

У сфері штучного інтелекту активно працюють над створенням мов представлення знань - комп'ютерних мов, спеціально призначених для організації описів об'єктів та ідей. Основні критерії, за якими оцінюється ефективність цих мов, включають логічну адекватність, евристичну потужність та природність нотації.

Існують такі класифікації ЕС:

– за зв’язком з реальним часом;

– за типом проблемного середовища;

– за типом ЕОМ;

– за ступенем інтеграції з іншими програмами;

– за завданням, що вирішується.

Експертна система розробляється в декілька етапів.

На етапі ідентифікації проблем, як етапу розроблення експертної системи, визначаються завдання, які потребують вирішення. Зокрема, формулюються цілі розробки, визначаються експерти, що надаватимуть знання, а також ідентифікуються типи користувачів, для яких створюється система."

На наступному етапі, витягання знань, проводиться глибокий аналіз проблемної області. Виявляються ключові поняття та їх взаємозв'язки, визначаються методи розв'язання задач, які допомагають знайти оптимальні рішення для поставлених завдань.

На етапі структуризації знань обираються інтелектуальні системи та визначаються способи подання всіх видів знань. Основні поняття формалізуються, визначаються методи інтерпретації знань та моделюється робота системи. Оцінюється, наскільки зафіксовані поняття, методи рішень та засоби представлення і маніпулювання знаннями відповідають цілям системи.

На етапі формалізації експерт наповнює базу знань. Оскільки знання є основою експертної системи, цей етап є найважливішим і найтрудомісткішим. Процес формування знань включає три етапи: отримання знань від експерта, організацію знань для ефективної роботи системи та представлення знань у формі, зрозумілій для експертної системи. Отримання знань здійснюється інженером (або командою досвідчених інженерів) на основі аналізу діяльності експерта у вирішенні реальних завдань.

На етапі реалізації створюються один або кілька прототипів експертної системи, які здатні вирішувати поставлені задачі. Ці прототипи допомагають перевірити ефективність і точність системи у реальних умовах.

На етапі тестування проводиться оцінка ефективності обраного способу представлення знань в експертній системі в цілому. Цей процес включає перевірку точності, надійності та працездатності системи для забезпечення її відповідності поставленим вимогам.

Експертні системи мають кілька значних переваг над людьми-експертами під час використання, зокрема:

– має більші можливості ніж людина під час вирішення надзвичайно громіздких проблем;

– не має упереджених думок, тоді як експерт може користуватися побічними знаннями і легко піддається впливу зовнішніх факторів;

– не робить поспішних висновків, нехтуючи певними етапами знайдення рішення;

– забезпечує діалоговий режим роботи;

– забезпечує роботу з інформацією, що містить символьні змінні;

– забезпечує коректну роботу з інформацією, що має помилки, за рахунок використання ймовірнісних методів досліджень;

– дозволяє проводити одночасну обробку альтернативних версій;

– за вимогою пояснює хід кроків реалізації програми;

– забезпечує можливість обґрунтування рішення та відтворення шляху його прийняття.

Але навіть найкращі з існуючих експертних систем мають певні обмеження у порівнянні з людиною-експертом. Люди мають здатність до креативного мислення, інтуїції та емоційного розуміння, що залишається поза досяжністю для більшості експертних систем. Крім того, експерти можуть адаптувати свої знання до нових і непередбачуваних ситуацій, тоді як системи часто потребують оновлення та переналаштування для роботи в нових умовах. А також:

– більшість експертних систем не цілком придатні для широкого використання. Якщо користувач не має певного досвіду роботи з цими системами, у нього можуть виникнути серйозні труднощі. Багато експертних систем доступні лише тим експертам, які створювали їх бази знань. Тому потрібно паралельно розробляти відповідний користувацький інтерфейс, який би забезпечив кінцевому користувачу властивий йому режим роботи;

– «навички» системи не завжди «зростають» після сеансу експертизи, навіть коли проявляються нові знання;

– залишається проблемою приведення знань, отриманих від експерта, до вигляду, який би забезпечував їх ефективне використання;

– експертні системи, як правило, не можуть набувати якісно нових знань, не передбачених під час розроблення, і тим більше, не мають здорового глузду. Людина-експерт під час розв’язання задачі зазвичай звертається до своєї інтуїції чи здорового глузду, якщо відсутні формальні методи рішення або аналоги вирішення цієї проблеми.

Експертні системи вже давно застосовуються в різних галузях, таких як медична та автомобільна діагностика, прогнозування, планування, контроль, управління та навчання. Останнім часом вони знайшли своє місце і в банківській справі, використовуючись в таких програмах:

– аналіз інвестиційних проектів;

– аналіз стану валютного, грошового та фондового ринку;

– аналіз кредитоспроможності чи фінансового стану підприємств і банків.

Процес створення експертних систем значно еволюціонував за останні роки. Завдяки появі спеціальних інструментальних засобів, час розробки істотно скоротився, а трудомісткість цього процесу значно зменшилася. Нові технології дозволили швидше та ефективніше створювати експертні системи, роблячи їх доступнішими та функціональнішими. Інструментальні засоби, що використовуються під час створення експертних систем, можна розділити на три класи:

– мови програмування, орієнтовані на створення експертних систем (Lisp, Prolog, Smalltalk, FRL, InterLisp і загальновживані: Ci, Assembler, Pascal, Fortran, BASIC);

– середовища програмування (Delphi, Java);

– порожні експертні системи (наприклад, оболонка EXSYS Professional 5.0 for Windows).

На ринках США та Західної Європи розробники систем штучного інтелекту пропонують сотні інструментальних засобів для організацій, які прагнуть створити власні експертні системи. Ці інструменти надають широкий спектр можливостей для проектування, розробки та впровадження ефективних рішень. На сьогодні існують тисячі вузькоспеціалізованих експертних систем. Це свідчить про те, що експертні системи складають важливу частину програмних засобів та відіграють ключову роль у багатьох галузях.

Для програмістів-аматорів та початківців, які використовують мову програмування BASIC, суть, структура, принципи функціювання і методологія побудови найпростіших експертних систем детально описані у книзі-практичному посібнику Кріса Нейлора «Як побудувати свою експертну систему».

8.3 Штучний інтелект

Штучний інтелект (ШІ, англ. Artificial Intelligence, AI) – це галузь комп'ютерної лінгвістики та інформатики, яка швидко розвивається. Вона зосереджена на створенні інтелектуальних машин, здатних виконувати завдання, які зазвичай потребують людського інтелекту. Ці завдання можуть варіюватися від простих дій, таких як розпізнавання мови або зображень, до складніших завдань, таких як гра у шахи або водіння автомобіля.

Штучний інтелект (ШІ) – це напрямок інформатики, який спрямований на створення розумних машин, що можуть виконувати завдання, зазвичай під силу лише людському інтелекту.

Системи штучного інтелекту розроблені для того, щоб навчатися на основі досвіду, розпізнавати закономірності і приймати рішення, спираючись на отримані дані. Ці системи можна навчити виконувати різноманітні завдання, наприклад, розпізнавання зображень, розуміння природної мови або гра у відеоігри.

Технологія штучного інтелекту охоплює широкий спектр методів, включаючи машинне навчання, обробку природної мови, робототехніку та експертні системи. Дослідження в галузі штучного інтелекту спрямовані на створення машин, які можуть мислити, розуміти та навчатися, як люди. Вони використовують ці можливості для покращення життя людства та вирішення складних проблем.
Часто алгоритм розв'язання проблем заздалегідь невідомий. А що до точного визначення цієї науки, то це питання залишається без відповіді, оскільки філософи досі не дійшли згоди щодо природи та статусу людського інтелекту.

Не існує точного критерію досягнення комп'ютером «розумності». Однак, для штучного інтелекту було запропоновано низку гіпотез, таких як тест Тюрінга чи гіпотеза Ньюелла-Саймона. На сьогодні існує безліч підходів як до розуміння задач штучного інтелекту, так і до створення інтелектуальних систем.

Класифікація Джека Коупленда виділяє два підходи до розробки штучного інтелекту:

– низхідний, семіотичний – розробка символьних систем, які моделюють високорівневі психічні процеси, такі як мислення, міркування, мова, емоції, творчість та інше;

– висхідний, біологічний – дослідження штучних нейронних мереж та еволюційних обчислень, що імітують інтелектуальну поведінку на основі простіших, «неінтелектуальних» елементів.

Ця наука тісно переплітається з нейронаукою, включаючи такі напрямки, як когнітивна, системна та обчислювальна нейронауки. Як і інші комп'ютерні науки, вона активно використовує математичні методи. Особливе значення для неї мають філософія та робототехніка.

Штучний інтелект – це відносно молода галузь досліджень, яка бере свій початок з 1956 року. Його історичний розвиток нагадує синусоїду, де кожен підйом був викликаний новою ідеєю. Зараз вона на підйомі, завдяки успіхам у науці, промисловості, бізнесі і навіть в повсякденних речах.

Футуролог Рей Курцвейл прогнозує, що людство досягне Сильного ШІ людського рівня у 2029 році, тоді як Ілон Маск вважає, що це відбудеться вже у 2025 році. На відміну від розвитку людського інтелекту, який тривав десятками тисяч років, Сильний ШІ зможе розвиватись майже експоненціально, за частки секунди, перевершуючи здібності людського розуму в мільйони разів.

Момент у майбутньому, коли штучний інтелект перевершить людський розум, відомий як «технологічна сингулярність». Що станеться після цього, передбачити неможливо, оскільки людство ніколи раніше не стикалося з чимось настільки розумним і потужним.

У березні 2024 року деякі дослідники повідомили про своє дослідження нецензурованої версії ChatGPT на базі GPT-4, яка доступна лише для розробників OpenAI, і являє собою ранню та неповну версію сильного штучного інтелекту (AGI). У середині квітня 2024 року Сем Альтман із OpenAI оголосив, що компанія тимчасово припиняє тренування GPT-5 у відповідь на лист від 50 тисяч осіб, включно з понад 1800 CEO та 1500 професорами, такими як Ілон Маск, Стів Возняк, Юваль Гарарі та багато інших.

Існує кілька типів штучного інтелекту (ШІ), які сьогодні широко використовуються в програмах. Серед найпоширеніших із них можна виділити такі:

– ШІ-системи на основі правил працюють за допомогою набору правил або операторів if-then, що дозволяє їм приймати рішення на основі конкретних умов. Ці системи часто застосовуються в експертних системах та системах підтримки рішень.

– машинне навчання – це форма штучного інтелекту, яка полягає в навчанні алгоритмів на основі вхідних даних із поступовим підвищенням їх продуктивності. Існують три основні типи машинного навчання: кероване, некероване та навчання з підкріпленням;

– обробка природної мови (NLP) – це тип штучного інтелекту, що зосереджується на взаємодії між комп'ютерами та людськими мовами. Системи NLP розроблені для розуміння та інтерпретації людської мови та використовуються в таких програмах, як чат-боти, голосові помічники та машинний переклад;

– робототехніка – це сфера штучного інтелекту, яка зосереджена на проектуванні та розробці роботів, здатних виконувати завдання у фізичному світі. Ця галузь передбачає інтеграцію штучного інтелекту, датчиків та механічних систем для того, щоб роботи могли сприймати навколишнє середовище, приймати рішення та виконувати дії;

– експертні системи – це системи штучного інтелекту, які допомагають приймати рішення в таких сферах, як маркетинг, дизайн, медицина, право та інженерія. Експертні системи працюють на основі правил і знань, що дозволяють їм давати поради в конкретних умовах;

– загальний ШІ, також відомий, як сильний штучний інтелект (AGI), – є теоретичною концепцією створення машин, здатних міркувати та навчатися подібно до людей. Системи AGI будуть здатні розуміти та вирішувати широкий

спектр проблем, а також мати здатність міркувати, планувати та спілкуватися так само, як люди. AGI наразі залишається переважно теоретичною концепцією, для реалізації якої необхідно подолати численні проблеми.

Не існує однозначної відповіді на питання, чим займається штучний інтелект (ШІ). Кожен автор, який пише про ШІ, відштовхується від певного визначення і досліджує досягнення цієї науки через його призму. Зазвичай такі визначення включають наступні аспекти:

– ШІ вивчає методи вирішення завдань, які потребують людського розуміння. Йдеться про навчання штучного інтелекту вирішувати тести інтелекту. Це включає розвиток методів розв'язання задач за аналогією, а також дедуктивних та індуктивних підходів. Також важливо накопичувати базові знання та вміти їх застосовувати;

– ШІ вивчає методи розв’язання задач, для яких не існує способів розв’язання або вони не коректні (через обмеження в часі, пам’яті тощо). На основі такого визначення інтелектуальні алгоритми часто використовуються для вирішення NP-повних задач, як-от задача комівояжера;

– ШІ займається моделюванням людської вищої нервової діяльності;

– ШІ – це системи, здатні оперувати знаннями і, найголовніше, навчатися. Вони відносяться до класу експертних систем, назва яких походить від їхньої здатності заміняти людей-експертів у певних галузях. Експертні системи визнаються інтелектуальними системами завдяки їх можливості аналізувати та приймати рішення на основі накопичених знань;

– останній підхід, що почав розвиватися з 1990-х років, називається агентно-орієнтованим підходом. Цей підхід акцентує увагу на методах і алгоритмах, які допомагають інтелектуальному агенту успішно виконувати завдання у навколишньому середовищі. Тому тут краще вивчаються алгоритми пошуку і прийняття рішень.

Експерти НАТО у своїй діяльності оперують спорідненими тлумаченнями штучного інтелекту:

– можливість, яку надають алгоритми, оптимально або неоптимально вибирати з безлічі варіантів, щоб досягти цілей, використовуючи стратегії, які можуть навчатися або адаптуватися до оточення;

– системи, розроблені людиною для роботи у фізичному або цифровому світі. Вони враховують складні цілі і вибирають оптимальні дії (відповідно до заздалегідь визначених параметрів), які необхідно виконати для досягнення поставленої мети. Це здійснюється на основі сприйняття свого середовища, інтерпретації зібраних структурованих або неструктурованих даних, а також обґрунтування знань, отриманих із цих даних.

Найбільш загальний підхід полягає в тому, що штучний інтелект буде здатен поводитися, як людина, у звичних умовах. Ця концепція є розширенням тесту Тюрінга, який припускає, що машина стане розумною, коли зможе підтримувати діалог із людиною, яка не здогадується, що спілкується з машиною (діалог здійснюється шляхом переписки).

Письменники-фантасти часто пропонують ще один підхід: штучний інтелект досягає свого повного розвитку, коли машина здатна відчувати та творити. Наприклад, власник Ендрю Мартіна з роману «Двохсотлітня людина» Айзека Азімова починає ставитися до нього як до людини після того, як Ендрю створює іграшку за власним проєктом. Аналогічно, Дейта із серіалу «Зоряний шлях» здатний до спілкування та навчання і мріє володіти емоціями та інтуїцією.

У наш час можна виділити чотири методи створення систем ШІ:

1. Логічний підхід. основою логічного підходу є алгебра логіки. Кожен програміст знайомий із нею ще з часів вивчення оператора IF. Алгебра логіки далі розвинулася у вигляді числення предикатів, де додано предметні символи та відношення між ними. Окрім цього, кожна така система має блок генерації цілей, а система виводу намагається довести ці цілі як теореми. Якщо ціль досягнута, то послідовність використаних правил формує ланцюжок дій, необхідних для досягнення поставленої цілі. Такі системи також називаються експертними системами.

Потужність такої системи визначається можливостями генератора цілей і механізмами машинного доведення теорем. Щоб досягти більшої виразності, логічний підхід застосовує новий напрямок, відомий як нечітка логіка.

Головною особливістю цього напряму є те, що істинність вислову може мати не тільки значення «так»/«ні» (1/0), але й проміжні значення. Наприклад, «не знаю» (0,5), «пацієнт швидше живий, ніж мертвий» (0,75) або «пацієнт швидше мертвий, ніж живий» (0,25). Такий підхід подібніший до мислення людини, оскільки вона рідко відповідає «так» або «ні».

Структурний підхід означає спроби створити штучний інтелект, моделюючи структуру людського мозку. Однією з перших таких спроб був перцептрон Френка Розенблатта. Основною структурною одиницею моделювання в перцептронах, як і в більшості інших моделей мозку, є нейрон. Згодом з'явилися інші моделі, відомі як нейронні мережі (НМ) та їх реалізації – нейрокомп’ютери. Ці моделі мають різну структуру нейронів, зв'язки між ними та алгоритми навчання. Серед найвідоміших на початку 2000-х років можна згадати нейронні мережі із зворотнім поширенням помилки, мережі Кохонена, мережі Гопфілда та стохастичні нейронні мережі. У більш широкому сенсі цей підхід відомий як конекціонізм. Різниця між логічним і структурним підходами не є настільки суттєвою, як може здаватися на перший

погляд. Алгоритми спрощення та вербалізації нейронних мереж перетворюють моделі структурного підходу на явні логічні моделі. З іншого боку, ще в 1943 році Воррен Маккалох і Волтер Піттс довели, що нейронна мережа може реалізувати будь-яку функцію алгебри логіки.

2. Еволюційний підхід. Під час створення системи штучного інтелекту за цим методом основний акцент робиться на формуванні початкової моделі та правилах її зміни (еволюції). Модель може бути побудована за допомогою різних підходів, включаючи нейронні мережі, набір логічних правил або інші методи. Після цього ми вмикаємо комп'ютер, який перевіряє моделі і вибирає з них найкращі. Відповідно до цих моделей та різних правил генеруються нові моделі. Генетичний алгоритм є класичним прикладом еволюційних алгоритмів;

3. Імітаційний підхід є класичним для кібернетики, яка базується на концепції «чорного ящика». Об'єкт, чия поведінка імітується, саме і є тим самим «чорним ящиком». Нам не має значення, які саме моделі він використовує і як функціонує, важливо лише те, щоб наша модель демонструвала послідовну поведінку в аналогічних ситуаціях. Таким чином моделюється ще одна властивість людини – здатність копіювати дії інших без розбиття на окремі операції та формального опису процесу. Часто ця властивість економить багато часу об’єкту, особливо на початку його життя.

У межах гібридних інтелектуальних систем прагнуть поєднати ці підходи. Експертні правила висновків можуть бути сформовані за допомогою нейронних мереж, тоді як породжуючі правила здобуваються через статистичний аналіз. Перспективний новий підхід, відомий як підсилення інтелекту, розглядає досягнення ШІ в процесі еволюційної розробки як поточний результат підсилення людського інтелекту за допомогою технологій.

Як наукова дисципліна ШІ має кілька основних напрямів:

– машинне мислення (англ. machine reasoning) включає в себе такі процеси, як планування, представлення знань, міркування, пошук та оптимізацію;

– машинне навчання можна розділити на два основні напрями: глибоке навчання (deep learning) та навчання з підкріпленням (reinforcement learning);

– робототехніка охоплює керування, ситуаційне сприйняття, датчики та виконавчі механізми, а також інтеграцію всіх цих методів у кіберфізичні системи.

Якщо розглянути історію штучного інтелекту, можна виокремити значний напрямок під назвою моделювання міркувань (англ. Model-based reasoning). Протягом багатьох років розвиток науки ШІ відбувався саме цим шляхом, і нині це є однією з найпередовіших галузей сучасного ШІ. Моделювання міркувань передбачає створення символьних систем, де на вході подається певна задача, а на виході очікується її вирішення. Зазвичай, задача вже формалізована, тобто

виражена в математичній формі. Однак, може статися, що алгоритму для її вирішення немає, або цей алгоритм є занадто складним і трудомістким. Моделювання міркувань включає автоматизоване доведення теорем, прийняття рішень, теорію ігор, планування, диспетчеризацію та прогнозування.

Таким чином, інженерія знань стає ключовою, об'єднуючи завдання отримання знань з простих даних, їх систематизацію та використання. Прогрес у цій сфері впливає на майже всі інші напрями досліджень штучного інтелекту. Необхідно також зазначити дві важливі підобласті. Перша з них, машинне навчання, стосується процесу, за допомогою якого інтелектуальна система самостійно здобуває знання під час своєї роботи. Друга підобласть стосується розробки експертних систем – програм, що використовують спеціалізовані бази знань для отримання точних висновків стосовно будь-якої проблеми.

Існують значні та захопливі досягнення в сфері моделювання біологічних систем. Ця галузь охоплює кілька окремих напрямків. Нейронні мережі застосовуються для вирішення складних та нечітких завдань, таких як розпізнавання геометричних форм та кластеризація об'єктів. Генетичний підхід ґрунтується на ідеї, що алгоритм може стати більш ефективним, запозичуючи найкращі характеристики від інших алгоритмів, які виступають у ролі «батьків».

Новий підхід, який передбачає створення автономних програм-агентів, що співпрацюють із довкіллям, називається агентним підходом. Якщо належним чином організувати взаємодію великої кількості «не дуже інтелектуальних» агентів, можна досягти так званого «мурашиного» інтелекту.

Задачі розпізнавання об'єктів частково вирішуються в інших напрямках. Це включає розпізнавання символів, рукописного тексту, мови та аналіз текстів. Особливо варто відзначити комп'ютерний зір, який тісно пов'язаний з машинним навчанням та робототехнікою.

Робототехніка та штучний інтелект часто взаємодіють одне з одним. Об'єднання цих двох наук для створення інтелектуальних роботів можна вважати ще одним напрямом у сфері ШІ. Варто окремо згадати про машинну творчість, оскільки природа людської творчості досліджена ще менше, ніж природа інтелекту.

Є безліч програм штучного інтелекту, кожна з яких представляє майже самостійний напрямок. Наприклад, це програмування інтелекту в комп'ютерних іграх, нелінійне керування та інтелектуальні системи безпеки. Наприклад, у 2018 році дослідники з Корнелльського університету зробили відкриття, яке може кардинально змінити процес розробки нових відеоігор. Вони створили пару змагальних нейронних мереж (генеративних змагальних мереж) і навчили їх на прикладі класичної гри-шутера Doom. Під час навчання нейронні мережі

визначили основні принципи побудови рівнів у грі, а потім почали самостійно генерувати нові рівні без будь-якої допомоги з боку людей.

Отже, більшість областей дослідження перетинаються. Це характерно для будь-якої науки. Проте у штучному інтелекті взаємозв'язок між різними напрямками виражений особливо сильно, що пов'язано з філософськими суперечками про сильний та слабкий ШІ.

Планування

Дослідження у сфері планування розпочалися зі спроби створити робота, який би виконував завдання з певною гнучкістю та здатністю реагувати на оточуючий світ. Планування передбачає, що робот повинен вміти виконувати елементарні дії. Він намагається знайти послідовність таких дій, щоб виконати складні завдання, наприклад, пересування по кімнаті з перешкодами. Метод ієрархічної декомпозиції є одним із підходів у плануванні. Він полягає у розподілі складного завдання на кілька простіших підзадач, які легше виконати. Цей метод дозволяє більш ефективно управляти процесом планування і виконання завдань, що особливо корисно для роботів та інтелектуальних систем.

Планування є складним завданням з низки причин. Однією з ключових є розмір простору можливих послідовностей дій. Навіть найпростіший робот здатний створювати величезну кількість різних комбінацій базових рухів. Це означає, що планування ефективної та оптимальної послідовності дій стає надзвичайно складним завданням. На сьогодні дослідження в галузі планування вже виходять за межі робототехніки і включають координацію складних систем завдань і цілей. Сучасні планувальники знаходять застосування як в агентських середовищах, так і для управління прискорювачами частинок.

Машинне навчання

Машинне навчання – це розділ штучного інтелекту, що має за основу побудову та дослідження систем, які можуть самостійно навчатись з даних. Наприклад, система машинного навчання може бути навчена на електронних повідомленнях для розрізнення спаму та легітимних повідомлень. Після навчання система зможе класифікувати нові електронні повідомлення як спам або не-спам.

У машинному навчанні центральне місце займають уявлення та узагальнення. Представлення даних і функції для їхньої оцінки є невід'ємними компонентами всіх систем машинного навчання. Узагальнення – це здатність системи ефективно працювати з невидимими зразками даних. Умови, за яких це може бути гарантовано, є ключовим об'єктом дослідження в галузі обчислювальної теорії навчання. Машинне навчання охоплює широкий спектр завдань та має багато успішних застосувань. Наприклад, оптичне розпізнавання символів (OCR) дозволяє автоматично розпізнавати друковані символи на основі попередніх

прикладів. Це класичний приклад застосування технік машинного навчання. У 1959 році Артур Самуїл визначив машинне навчання як «галузь досліджень, яка надає комп'ютерам здатність навчатися, не будучи явно запрограмованими». Це визначення залишається актуальним і сьогодні, підкреслюючи важливість здатності комп'ютерів адаптуватися та навчатися на основі даних.

Обробка природної мови

Обробка природної мови (NLP) є важливим напрямком у штучному інтелекті та лінгвістиці. Вона вивчає проблеми комп'ютерного аналізу та синтезу природної мови. Ця галузь досліджує методи, за допомогою яких комп'ютери можуть розуміти, інтерпретувати та генерувати людську мову. Це включає такі завдання, як розпізнавання мови, машинний переклад, аналіз настроїв, автоматичне резюмування текстів і багато інших.

У контексті штучного інтелекту, аналіз означає розуміння мови, а синтез - створення змістовного тексту. Вирішення цих задач дозволить створити більш зручну та ефективну взаємодію між комп'ютерами та людьми.

Обробка природної мови (NLP) є ключовою областю досліджень у цьому напрямку. Вона допомагає комп'ютерам не тільки розпізнавати та розуміти мову, але й генерувати тексти, які сприймаються як змістовні та природні для людей. Це відкриває безліч нових можливостей для застосувань ШІ в різних сферах, від автоматизованих систем підтримки клієнтів до інтелектуальних особистих асистентів.

Так, у січні 2024 року вчені Стенфордського університету досягли значного прогресу у галузі мовного інтерфейсу мозок-комп'ютер (Brain-Computer Interface, BCI). Вони встановили новий рекорд декодування мови, що може значно покращити спосіб взаємодії між людиною та комп'ютером. Це відкриття має великий потенціал для створення більш ефективних систем підтримки людей з обмеженими фізичними можливостями, а також для розвитку нових технологій у сфері штучного інтелекту.

Новий рекорд досягнуто завдяки досягненню швидкості декодування мови штучного інтелекту, яка становить 62 слова на хвилину. Це в 3,4 рази швидше за попередній рекорд для будь-якого виду BCI. Такий прогрес може значно прискорити розвиток технологій BCI і відкрити нові можливості для покращення взаємодії між людиною та комп'ютером.

Задачі та обмеження

Розуміння природної мови часто вважається AI-повною задачею, оскільки розпізнавання живої мови потребує значних знань про навколишній світ та здатності до взаємодії з ним. Це пов'язано з тим, що мова є дуже складною і

багатогранною системою, яка відображає не лише лексичні та граматичні структури, але й культурні та контекстуальні нюанси.

Це завдання вимагає від систем штучного інтелекту глибокого аналізу та розуміння сенсу висловлювань, а також здатності враховувати різні фактори, які можуть впливати на сприйняття та інтерпретацію мови. Вирішення цих проблем є важливим етапом у розвитку інтелектуальних систем та покращенні їхньої здатності взаємодіяти з людьми на більш інтуїтивному та природному рівні.

Визначення змісту слова «розуміти» є однією з ключових задач у сфері штучного інтелекту. З початку 2000-х років онтології, такі як WordNet та UWN, стали важливими інструментами для вирішення задач з обробки природної мови. Вони допомагають створити структуру знань, яка дозволяє комп'ютерам краще розуміти контекст та значення слів, що сприяє більш ефективній взаємодії з мовними даними.

Машинний зір

Машинний зір є застосуванням комп'ютерного зору в промисловості та виробництві. Він використовується для автоматизації процесів, контролю якості, інспекції та управління. Завдяки машинному зору, системи можуть аналізувати зображення, розпізнавати об'єкти та приймати рішення на основі отриманих даних. Це підвищує ефективність і точність виробничих процесів, що є ключовим аспектом сучасних індустріальних технологій.

Комп'ютерний зір – це широкий набір методів, які дозволяють комп'ютерам «бачити». Він охоплює машинний зір, цифрові пристрої вводу-виводу та комп'ютерні мережі, що забезпечують контроль за виробничим обладнанням, роботами-маніпуляторами та апаратами для вилучення бракованої продукції. Ці технології допомагають автоматизувати та покращити точність виробничих процесів, забезпечуючи більш ефективне та надійне функціонування систем.

Машинний зір є підрозділом інженерії, пов’язаним з обчислювальною технікою, оптикою, машинобудуванням і промисловою автоматизацією. Одним з найпоширеніших застосувань машинного зору є інспекція промислових товарів. Це стосується таких продуктів, як напівпровідникові чіпи, автомобілі, продукти харчування та ліки. Машинний зір дозволяє автоматично виявляти дефекти та відхилення, забезпечуючи високу точність та ефективність процесів контролю якості. Це допомагає забезпечити безпеку продукції та зменшити кількість відходів і витрат. Люди на складальних лініях оглядають деталі продукції та оцінюють їхню якість. Системи машинного зору виконують аналогічні завдання, використовуючи цифрові та інтелектуальні камери, а також програмне забезпечення для обробки зображень. Завдяки цьому вони можуть автоматично та точно перевіряти якість продукції, що значно підвищує ефективність та точність контролю.

Так, комерційні та відкриті пакети програм для машинного зору зазвичай містять широкий набір методів обробки зображень, такі як:

– лічильник пікселів – підрахунок кількості світлих або темних пікселів є важливою частиною аналізу зображень в системах машинного зору. Ця техніка дозволяє визначити загальну кількість пікселів певної яскравості в зображенні, що допомагає виявляти та класифікувати різні об'єкти та їхні властивості. Це може бути корисно для виявлення дефектів, оцінки якості продукції та виконання інших завдань з обробки зображень.

– бінаризація – перетворення зображень у сірих тонах у бінарні (чорно-білі) зображення є важливою технікою у машинному зорі. Цей процес полягає у порівнянні значень пікселів зображення з певним пороговим значенням: пікселі, які перевищують цей поріг, стають білими, а ті, які нижче порогу - чорними. Така бінаризація зображень дозволяє спростити аналіз та обробку зображень, виділяючи важливі об'єкти та контури;

– сегментація – використовується для пошуку і/або підрахунку деталей. Завдяки алгоритмам аналізу зображень, системи можуть автоматично визначати наявність та кількість певних об'єктів або компонентів на зображеннях. Це надзвичайно корисно у виробничих процесах для контролю якості та забезпечення точності виконання завдань;

– пошук і аналіз блоків – перевірка зображення на окремі блоки пов'язаних пікселів (наприклад, чорної діри на сірому об'єкті) дозволяє визначити опорні точки зображення. Ці блоки часто використовуються як цілі для подальшої обробки, а також для виявлення та вилучення виробничого браку. Завдяки цим методам, системи машинного зору можуть автоматично ідентифікувати дефекти продукції та забезпечувати високу якість контролю на виробництві;

– надійне розпізнавання за шаблонами – пошук за шаблоном об'єкта є ще одним важливим методом у машинному зорі. Цей метод дозволяє виявляти об'єкти, які можуть бути повернуті, частково приховані іншими об'єктами або відрізнятися за розміром. Завдяки алгоритмам пошуку за шаблоном системи машинного зору можуть розпізнавати та класифікувати об'єкти навіть у складних умовах. Це має вирішальне значення для багатьох промислових застосувань, де точність та надійність розпізнавання об'єктів є критично важливими;

– зчитування штрих-кодів – декодування 1D- і 2D-кодів є ще одним важливим аспектом машинного зору. Це включає розпізнавання та інтерпретацію різних типів штрих-кодів (1D) та QR-кодів (2D), що використовуються для автоматичного зчитування та сканування машинами. Такі системи дозволяють швидко і точно зчитувати інформацію, що закодована у вигляді цих символів, що значно підвищує ефективність у різних галузях, від логістики до роздрібної торгівлі;

– оптичне розпізнавання символів – автоматизоване читання тексту, наприклад, серійних номерів. Використовуючи технології розпізнавання тексту (OCR), системи можуть швидко та точно зчитувати серійні номери, дати виготовлення, штрих-коди та інші текстові дані з продукції. Це допомагає автоматизувати та прискорити процеси відстеження, обліку та контролю на виробництві;

– вимірювання – вимірювання розмірів об’єктів у дюймах або міліметрах. Системи можуть автоматично визначати та вимірювати розміри об'єктів з високою точністю, що особливо корисно у виробничих процесах для контролю якості та забезпечення відповідності стандартам. Це дозволяє здійснювати точний аналіз розмірів деталей та об'єктів без необхідності втручання людини;

– знаходження країв – пошук країв об’єктів. Цей процес дозволяє виділяти межі об'єктів на зображеннях, що допомагає їх аналізувати та розпізнавати. Зазвичай використовується фільтрація зображень, така як алгоритми Кенні або Собеля, для виявлення контурів і країв об'єктів. Це дозволяє системам машинного зору точно визначати форму та розміри об'єктів, а також ідентифікувати їх у різних умовах;

– зіставлення шаблонів – пошук, підбір, і/або підрахунок конкретних моделей. Ці завдання можуть включати розпізнавання специфічних об'єктів або шаблонів на зображеннях, ідентифікацію їхньої присутності та підрахунок кількості таких об'єктів. Завдяки цьому можна автоматизувати процеси контролю якості, інвентаризації та багато інших виробничих завдань.

У більшості випадків системи машинного зору використовують послідовне поєднання цих методів обробки для виконання повного інспектування. Наприклад, система, яка зчитує штрих-код, може виконувати багато додаткових функцій. Наприклад, вона може перевірити поверхню на наявність подряпин чи інших пошкоджень, а також виміряти довжину та ширину оброблюваних компонентів. Це забезпечує високу точність контролю якості і допомагає виявляти дефекти на ранніх етапах виробництва.

Теоретичні положення

Кінцевою метою досліджень з питань «штучного інтелекту» є розкриття таємниць мислення та створення моделі мозку. Так, принципова можливість моделювання інтелектуальних процесів виникла завдяки досягненням кібернетики. Основний гносеологічний результат цієї науки полягає в тому, що будь-яку функцію мозку та розумову діяльність, описану мовою з суворо однозначною семантикою за допомогою скінченної кількості слів, можна передати електронній цифровій обчислювальній машині (ЕЦОМ). Це означає, що системи штучного інтелекту здатні моделювати та виконувати певні інтелектуальні завдання, що

раніше були доступні лише людському мозку. Це відкриття стало основою для подальшого розвитку технологій штучного інтелекту та машинного навчання, які ми використовуємо сьогодні для розв'язання складних задач і автоматизації багатьох процесів.

Сучасні наукові уявлення про природу мозку справді підтверджують, що з суто інформаційного аспекту найістотніші закономірності мозку визначаються скінченною (хоч, може, й надзвичайно великою) системою правил. Це означає, що функції мозку та розумові процеси можуть бути описані набором правил або алгоритмів, які можна моделювати та використовувати в системах штучного інтелекту. Це відкриття дозволяє науковцям розробляти складні моделі та алгоритми, що імітують інтелектуальну діяльність мозку. Воно також відкриває можливості для створення більш ефективних та адаптивних інтелектуальних систем.

Практична реалізація

Штучний інтелект (ШІ) – це технічна, зазвичай комп'ютерна система, що має певні ознаки інтелекту. Це означає, що ШІ здатний розпізнавати та розуміти інформацію, знаходити способи досягнення результатів, приймати рішення та навчатися. Завдяки цим здібностям, ШІ може виконувати завдання, які раніше вимагали людського інтелекту, відкриваючи нові можливості у різних галузях, таких як медицина, виробництво, фінанси, освіта та багато інших.

Навіть за відсутності повних знань про функціонування мозку, ми можемо створювати наближені інформаційні моделі, які дозволяють моделювати складні процеси мислення, включаючи творчі процеси, на електронних цифрових обчислювальних машинах (ЕЦОМ). Це відкриває великі можливості для дослідження та розвитку штучного інтелекту, дозволяючи краще розуміти природу мислення та створювати системи, які можуть виконувати складні завдання.

Проблематика моделювання

Розвиток штучного інтелекту дійсно пов'язаний з багатьма різними задачами, які є частковими та вузькими. Це відображає складність і багатогранність самої галузі. Наприклад, такі вузькі задачі можуть включати: розпізнавання обличь, аналіз тексту, розуміння природної мови, розпізнавання об'єктів на зображеннях, навчання на основі підкріплення. Кожна з цих задач сприяє розвитку теорії та практики ШІ, покращуючи окремі аспекти його функціонування. Це дозволяє поступово створювати більш комплексні та потужні системи. Для всіх цих напрямів отримані важливі результати, як практичного, так і теоретичного характеру та продовжуються інтенсивні дослідження.

Проблема штучного інтелекту є дуже багатогранною і включає цілий комплекс проблем. Кожна з них характеризується різним ступенем загальності,

абстрактності, складності та розробленості. До того ж, кожна з цих проблем має свої власні принципові та практичні труднощі.

Більшість дослідників і розробників у галузі штучного інтелекту зосереджуються на створенні систем, які можуть реалізувати певні моделі інтелекту, а не на повному відтворенні людського інтелекту. Це означає, що ШІ розробляє алгоритми та моделі для виконання конкретних завдань або вирішення певних проблем, таких як розпізнавання образів, обробка природної мови або оптимізація процесів.

Такі системи можуть бути дуже ефективними в спеціалізованих областях, навіть якщо вони не мають повного спектру можливостей людського інтелекту. Вони допомагають автоматизувати та покращити продуктивність у багатьох галузях, забезпечуючи нові можливості для розвитку технологій.

Застосування ШІ у створенні систем управління

За допомогою штучного інтелекту можна створити оптимальну та адаптивну комбінацію сенсорів і засобів впливу, забезпечити їх узгоджену роботу, виявляти й ідентифікувати проблеми, а також оцінювати знання про навколишнє середовище. Велике значення ШІ має під час реалізації сприйняття знання доповненої реальності. Наприклад, штучний інтелект дає змогу виконувати класифікацію та семантичну сегментацію зображень, локалізувати та ідентифікувати програмні об'єкти, щоб схематично відтворювати контури об'єктів у вигляді символів доповненої реальності для ефективного цілевказування.

Великі сподівання покладаються на використання систем штучного інтелекту для управління мережами стільникового зв'язку завдяки 6G програмам, які адаптуються до конкретних вимог завдань. Розробники комп'ютерних ігор змушені використовувати штучний інтелект з різним рівнем деталізації та розробки. Основними завданнями штучного інтелекту в іграх є пошук шляху в двовимірному або тривимірному просторі, імітація поведінки, обчислення оптимальних дій тощо.

У 2018 році портрет вигаданої людини, створений штучним інтелектом, викликав зацікавлення у мистецтвознавців. Перед тим як створити «Едмонда Беламі», алгоритм проаналізував 15 тисяч портретів, датованих XIV-XX століттями. А 13 березня 2024 року вийшов 8-й номер українського журналу «Логіка», контент якого повністю згенеровано штучним інтелектом.

Перспективним напрямком використання штучного інтелекту є наукові дослідження. Насамперед, це стосується аналізу наукових публікацій для синтезу нових знань, виявлення нових матеріалів та визначення закономірностей у програмах наукових напрямків.

За допомогою алгоритму машинного навчання на основі штучного інтелекту вдалося знайти близько 11000000000000000000000000000011 нових екзопланет.

Ще одна перспективна галузь застосування штучного інтелекту – це системи автоматичного й автоматизованого управління. Автоматичні системи управління (АСУ) слугують технічним аналогом людського інтелекту. Сучасні АСУ будуються на базі цифрових пристроїв – комп'ютерів і мікропроцесорів. Основою таких систем є складне програмне забезпечення. Вони використовують як прості алгоритми для розрахунків, так і складні алгоритми на основі штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі та нечітку логіку. АСУ застосовують для управління направлення програми і створення віртуального середовища. Сучасні алгоритми можуть працювати майже без втручання людини завдяки автоматичним налаштуванням. Втручання в програму потрібне тільки в надзвичайних ситуаціях, таких як аварії або несправності обладнання. На багатьох напрямках програм впроваджено дистанційне керування базового рівня через Інтернет або мобільні додатки. Кожне виправлення зберігається та фіксується з урахуванням переходу на кращий рівень сприйняття, погодження з усіма напрямками і можливістю додати свої налаштування для всіх напрямків на новому рівні.

Одним із найскладніших і сучасних завдань штучного інтелекту стало призначення та перевірка напрямків викладачів на розуміння середовища всіх програм. Також ШІ створює повідомлення на основі особистого вибору та власних віртуальних привітань і побажань з можливістю редагування за допомогою функцій штучного інтелекту.

ION збиратиме дані у спеціальній темі форуму для аналізу з метою створення єдиного рішення. У цьому процесі кожен матиме можливість провести свій аналіз і зберігати окремі рішення як частину загального проекту.

В якому всі напрямки проводять аналіз із збереженням окремих налаштувань простору тощо; автор теми зберігає всі створені налаштування теми. Мудреці обираються через змагання серед найкращих у своїй галузі та призначаються мудрецями зростання напрямків, які надають прості відповіді на всі запитання, – повідомило видання «Mind Ways».

Перспективи ШІ

Простежуються два основні напрямки розвитку штучного інтелекту. Перший напрямок спрямований на вирішення проблем, пов'язаних з наближенням спеціалізованих систем штучного інтелекту до можливостей людини та їх інтеграції, подібної до того, як це реалізовано у природі людини. Другий напрямок спрямований на створення Штучного Розуму, що інтегрує вже існуючі системи штучного інтелекту в єдину систему, здатну вирішувати проблеми людства.

Зв'язок із іншими науками

Штучний інтелект (ШІ) – це багатодисциплінарна область, яка поєднує в собі знання та дослідження з різних наукових дисциплін. Розвиток та прогрес штучного інтелекту базувалися на синергії з багатьма іншими науками, що сприяло створенню багатого та взаємопов'язаного середовища міждисциплінарної співпраці.

Робототехніка та системи управління тісно пов'язані зі штучним інтелектом. Оскільки обидві дисципліни зосереджені на створенні інтелектуальних систем, які можуть сприймати фізичний світ і взаємодіяти з ним. Технології штучного інтелекту надають роботам можливість розпізнавати об'єкти, планувати рухи та маніпулювати ними. Робототехніка ж забезпечує необхідну платформу для реалізації алгоритмів ШІ у фізичних агентах.

Інтеграція штучного інтелекту та робототехніки спричинила значний прогрес в автономних транспортних засобах, промисловій автоматизації, медичній робототехніці та допоміжних технологіях.

Епістемічні основи алгоритмів ШІ

Алгоритми штучного інтелекту, зокрема ті, що використовують машинне навчання та системи, засновані на знаннях, базуються на принципах епістемології, яка досліджує природу і походження знання.

Епістемологія та гносеологія відіграють ключову роль у розумінні основних припущень та упереджень, які мають алгоритми штучного інтелекту. Епістемологія та гносеологія забезпечують основу для оцінки надійності, прозорості та можливості узагальнення знань, створених штучним інтелектом. Застосовуючи епістемічні принципи, дослідники штучного інтелекту прагнуть розробляти алгоритми, що відповідають найвищим стандартам епістемологічної практики і створюють надійні та обґрунтовані знання.

Прийняття етичних рішень та епістемічне обґрунтування

Оскільки системи штучного інтелекту стають дедалі відповідальнішими за ухвалення рішень, які безпосередньо впливають на людське життя, надзвичайно важливо інтегрувати принципи епістемології та гносеології. Це дозволяє глибше зрозуміти й оцінити процес ухвалення рішень.

Етичні міркування ґрунтуються на епістемічних принципах, що забезпечують виправданість, прозорість та підзвітність рішень, прийнятих штучним інтелектом.

Гносеологічні перспективи спрямовують розробку систем штучного інтелекту, які включають епістемічні обґрунтування. Це допомагає вирішувати проблеми упередженості, забезпечувати справедливість та знаходити відповідний баланс між людськими судженнями та знаннями, створеними штучним інтелектом.

Довіра та перевірка знань, створених ШІ

Епістемологія та гносеологія відіграють важливу роль у визначенні надійності та достовірності знань, створених штучним інтелектом.

Методи, отримані з епістемології та гносеології, використовуються для підтвердження та перевірки заяв про знання, зроблених системами штучного інтелекту. Розглядаючи епістемічні припущення, упередження та обмеження, дослідники та практики штучного інтелекту прагнуть забезпечити, щоб знання, отримані за допомогою ШІ, були надійними, точними та стійкими.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Класифікація інтелектуальних інформаційних систем
2. Типи завдань, що вирішуються інтелектуальними інформаційними системами
3. Датчики, що використовуються для збирання даних у інтелектуальних технологічних комплексах
4. Технічне та програмне забезпечення інтелектуальних технологічних комплексів
5. Настроювання та адаптація параметрів інтелектуальних технологічних комплексів
6. Методи та засоби діагностування інтелектуальних технологічних комплексів
7. Програмне забезпечення для діагностування інтелектуальних технологічних комплексів
8. Програмне забезпечення для діагностування інтелектуальних технологічних комплексів
9. Методи визначення та усунення несправностей інтелектуальних технологічних комплексів
10. Системи прийняття рішень, експертні системи і штучний інтелект в інтелектуальних технологічних комплексах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтелектуальні системи автоматизації: монографія / Аврунін О. Г., Владов С. І., Петченко М. В., Семенець В. В., Татарінов В. В., Тельнова Г. В., Філатов В. О., Шмельов Ю. М., Шушляпіна Н. О. Кременчук: Видавництво «НОВАБУК», 2021. 322 с. (URL: https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams /d7217c7f-e0c7-4dc8-9076-eb3f2 c445191/content) (дата звернення: 11.12.2024)

2. Ланде Д. В. Візуалізація та аналіз мережевих структур: навчальний посібник / Д. В. Ланде, І. Ю. Субач; ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. 80 с.

3. Інтелектуальні системи безпеки: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроніка» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спец. 171 Електроніка денної та заоч. форм навч. / уклад.: С. А. Мороз, Т. П. Цизь. Луцьк: ЛНТУ, 2024. 108 с.

4. Сізова Н. Д. Інтелектуальні управляючі системи і технології: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної, заочної і дистанційної форм навчання зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки / Н. Д. Сізова; Харків.нац.ун-т міськ.госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. 65 с. (URL: https://eprints.kname.edu.ua/65611/1/2024% 20112% D0% 9B%20%D0%A1%D0%86%D0%97%D0%9E%D0%92%D0%90%20%28%D0%9A% D0%9E%D0%9D%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%9A%D0%A2%20%D0%86%D0 %A3%D0%A1%D0%A2%29_3%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD %D1%8F.pdf) (дата звернення: 27.09.2024 р.)

5. Климчук О. В. Інформаційні системи і технології в управлінні: конспект лекцій / О. В. Климчук. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2021. 160 с.

6. Терейковський І. А. Штучні нейронні мережі: базові положення / І. А. Терейковський, Д. А. Бушуєв, Л. О. Терейковська. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сукорського, 2022. 123 с.

7. Биков М. М. Основи інтелектуальних технологій. Частина 1. Технології розпізнавання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережевого) використання [Електронний ресурс] / Биков М. М., Ковтун В. В., Гаврилюк В. О. Вінниця: ВНТУ, 2023. 229 с. (URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/ 2023/Bykov_P1_2023_229.pdf) (дата звернення: 11.12.2024)

8. ISO/IEC 15288:2015 Systems and software engineering – System life cycle processes. (URL: https://webstore.iec.ch/publication/22521) (дата звернення: 11.12.2024)

9. W. E. Theuerkauf, S. Funke, G. Graube. Communication-oriented approach to system malfunctions, Edition 2006, 144 pages.

Навчально-методичне видання

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Магістерський курс

для освітньої програми «Системи керування та діагностування технологічного устаткування»

Навчальний посібник

Гуменюк П. О., Гуменюк Л. О., Пальчевський Б. О., Решетило О. М., Смолянкін О. О., Федік Л. Ю.

Загальна редакція д.т.н., професора Пальчевського Б. О.

Комп'ютерний набір: колектив авторів
Комп'ютерна верстка: Л. О. Гуменюк

Друкується в авторській редакції

Підп. до друку «__» ____2025 р. Папір офс.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 19,9. Обл.-вид. арк. 1.
Тираж 100 прим.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ВІП ЛНТУ

319