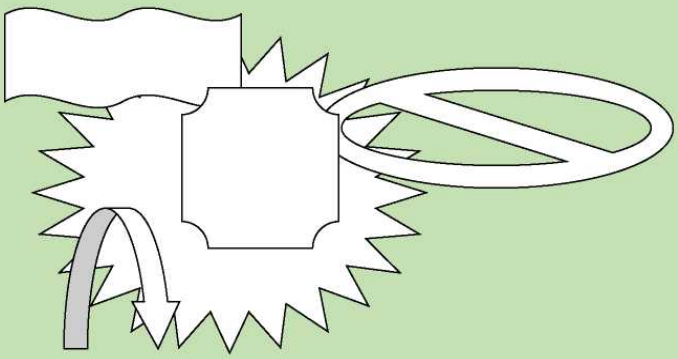
Міністерство освіти і науки України

Яшанов С.М., Шевчук Б.В., Олефіренко Т.О.

Інформаційні технології у виробництві

Навчально-методичний посібник



Київ 2022

УДК 377.36:004:658.5

ББК 32.973я73

Я 96

Друкується за ухвалою Вченої ради
Університету Григорія Сковороди в Переяславі
(протокол № 9 від 6 травня 2022 р.)

Рецензенти: Вакалюк Т. А., доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка»;.

Гірко В. Л., доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математики, інформатики та методики навчання Університету Григорія Сковороди в Переяславі;

Ляшенко В. П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформатики і вищої математики Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Яшанов С. М.

Інформаційні технології у виробництві: навчально-методичний посібник / С. М. Яшанов, Б.В. Шевчук, Т.О. Олефіренко ; Переяслав (Київ. обл.): Домбровська Я. М., 2022. 190.с.

У навчально-методичному посібнику представлено теоретичні матеріали та рпрактичні роботи з дисципліни «Інформаційні технології у виробництві» для студентів спеціальностей професійної та вищої освіти техніко-технологічного й педагогічного спрямування. Посібник орієнтований на підготовку фахівців у галузі автоматизації виробничих процесів та застосування інформаційних технологій у промисловості.

У практичних роботах розглянуто основні принципи автоматизації виробництва, архітектуру автоматизованих систем, технічні та програмні засоби реалізації інформаційних технологій, а також особливості використання програмованих логічних контролерів, промислових комп’ютерів і симуляційного програмного забезпечення. Практичні роботи спрямовані на формування вмінь практичного моделювання та аналізу виробничих процесів, програмування обладнання з числовим програмним керуванням і використання сучасних засобів віртуалізації в освітньому процесі.

Видання розраховано на студентів, здобувачів професійної освіти, викладачів і майстрів виробничого навчання закладів фахової передвищої та вищої освіти, а також слухачів системи післядипломної педагогічної освіти, які здійснюють підготовку фахівців у сфері інформаційних технологій та автоматизації виробництва.

© Яшанов С. М., Шевчук Б.В., Олефіренко Т.О., 2022
© Університет Григорія Сковороди в Переяславі, 2022

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ……4

ВСТУП……....5

РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.7

1.1.Поняття про технологію та процеси автоматизації промислового виробництва.7

1.2. Засоби інформаційних технологій в атоматизації виробничих процесів……25

1.3. Інформаційний обмін в системах управління виробничими процесами……42

РОЗДІЛ 2. АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА…60

2.1. Різновиди архітектури інформаційних технологій на виробництві……60

2.2. Розподілені системи автоматизації……66

2.3. Багаторівнева архітектура автоматизованої системи……78

2.4. Інтернет-технології та їх застосування у виробництві……83

2.5. Принципи управління через Інтернет……87

2.6. Мікро-веб-сервери та їх застосування……90

2.7. Відкриті системи автоматизації…….. 92

2.8. Web-портал представлення і аналізу виробничих даних……105

Розділ 3. ТЕХНІЧН ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА..... 110

3.1. Програмовані логічні контролеи……...110

3.1.1. Типи ПЛК 113

3.1.2. Архітектура ПЛК 115

3.1.3. Характеристики ПЛК 121

3.1.4. Приклад ПЛК 126

3.2. Пристрої збирання даних……129

3.3. Комп'ютер в системах автоматизації……134

3.3.1. Комп'ютер як контролер 134

3.3.2. Комп'ютер для спілкування з оператором 136

3.3.3. Промислові комп'ютери 137

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИКУМ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ»..142

4.1. Програмний симулятор токарного верстата з ЧПУ……..142

4.2. Лабораторні роботи. Програма «Swan Soft NC Simulation»……168

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ……..189

СКОРОЧЕННЯ

АІС – автоматизована інформаційна система
АРМ – автоматизоване робоче місце
АСІЗ – автоматизована система інструментального забезпечення
АСНД – автоматизована система наукових досліджень
АСОВ – автоматизована система організації виробництва
АСУ – автоматизована система управління
АСУВ – автоматизована система управління виробництвом
АСУП – автоматизована система управління підприємством
АСУТП – автоматизована система управління технологічними процесами
АЦП – аналогово-цифровий перетворювач
БД – база даних
ГВМ – гнучкі виробничі модулі
ГВС – гнучкі виробничі системи
ЕЗЛ – емітерно-зв’язана логіка
ЕОМ – електронно обчислювальна машина
ЖЦ – життєвий цикл
ЗП – запам’ятовувальний пристрій
ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології
ІС – інтегральна схема
ІСУ – інформаційні системи управління
КОК – керуючий обчислювальний комплекс
ЛОС – локальні обчислювальні системи
МК – мікроконтролер
ПК – персональний комп’ютер
ПЛК – програмований логічний контролер
ПЧПУ – пристрій числового програмного управління
САК – система автоматизованого контролю
САПР – система автоматизованого проєктування
САР – система автоматичного регулювання
СППР – системи підтримки прийняття рішень
СУЕП – система управління електроприводом
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач
ЧПУ – числове програмне управління

ВСТУП

Будь-яке виробництво (матеріальне чи соціальне) досягає досконалості лише тоді, коли воно використовує досягнення сучасних технологій. Так і у виробництві, після створення комп’ютерного інструментарію для переробки інформації, почався етап розробки методів її ефективного використання. Широке застосування засобів сучасної комп'ютерної техніки та їх багатогранність приводять до повсюдного впровадження інтернет-технологій, та формування сучасної інфраструктури суспільного виробництва. Предметом інформаційних технологій (ІТ) як науки є аналіз фундаментальних відношень в новітніх інформаційних системах. Більше того, вважається, що власне з моменту створення великих (складних) інформаційних систем (ІС) почався розвиток новітніх ІТ.

Суттєві зміни найважливіших параметрів обчислювальної техніки за останні десятиріччя призвели до кардинальних змін у галузі застосування інформаційної техніки та технології у виробничих процесах різних галузей, де використання інформаційних технологій на підприємствах створює інформаційний фундамент розвитку науки та технологій. Зазначимо, що головними, визначальними стимулами розвитку інформаційних технологій, є соціально-економічні потреби суспільства, і саме зараз, як ніколи суспільство зацікавлене в якомога ширшій цифровізації та комп'ютеризації всіх без винятку сфер діяльності.

Стрімкий розвиток мережевих інформаційних технологій відкрив нові перспективи у сфері виробництва з тенденцією злиття виробничих і інформаційних технологій та формування на цій основі інтегрованих технологій, заснованих на інтернет-технологіях. Автоматизована система на основі ІТ покликана полегшити працю людини, розширити її функціональні можливості або замінити повністю, якщо це можливо. Тому архітектура систем автоматизації багато в чому нагадує будову людини: роль органів чуття виконують датчики, роль рук, ніг і органів мови – виконавчі пристрої, роль мозку – комп'ютер або контролер. Завдяки такій аналогії архітектура

системи автоматизації стає зрозумілою будь-якій людині на інтуїтивному рівні. Проте при розробці конкретної системи виникає багато складних практичних питань, що стосуються стандартизації, безпеки, комерційної ефективності, технологічності, надійності, сумісності, супроводу і т.ін.

Дуже важливою властивістю інформаційних технологій є те, що для них інформація є не тільки продуктом, але і вихідною сировиною. З цим пов'язаний і працезаощаджувальний характер інформаційної технології, що реалізується, зокрема, в управлінні багатьма видами робіт та технологічних операцій.

Економічна ефективність застосування ІТ на виробництвах передбачає поліпшення таких важливих економічних показників, як продуктивність праці робітників, продуктивність технологічного устаткування, собівартість продукції, якість продукції та її випуск із забезпеченням підвищення рентабельності виробництва тобто вироблення великої кількості продукції при одночасному зменшенні затрат на виготовлення кожного виробу.

Основними тенденціями розвитку програмного забезпечення для засобів автоматизації є максимальне спрощення процесу програмування і забезпечення відкритості інструментальних засобів. Кінцевою метою є надання споживачеві можливості побудови якісної системи автоматизації в максимально короткий термін.

Довгий період невизначеності в засобах програмування ПЛК і SCADA-пакетів завершився ухваленням загальновизнаного стандарту МЕК 61131-3 і створенням на його основі інструментальних засобів програмування, які підтримуються фірмами, що спеціалізуються на програмному забезпеченні.

Істотний внесок у відкритість систем автоматизації вніс стандарт OPC, що забезпечив системним інтеграторам щонайширший вибір апаратного забезпечення, сумісного з будь-якими стандартними SCADA-пакетами, а розробникам контролерного устаткування – розширення ринків збуту.

РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

1.1.Поняття про технологію та процеси автоматизації промислового виробництва.

Слова “техніка” і “технологія” мають грецьке походження (технос – ремесло). Технологія - наука про ремесло, як різновид людської діяльності.

Кожне промислове виробництво застосовує свої технології. Від рівня застосованої технології залежить конкурентоспроможність кінцевого продукту, на ринку збуту. Тому провідне місце на світовому ринку виборюють ті країни, які використовують новітню технологію. Новітні технології створює наука, отже від рівня науки і освіти країни в значною мірою залежить добробут її громадян.

В основі будь-якого виробництва лежить виробничий процес.

Виробничий процес - це сукупність дій, за домогою яких видобувають сировину, перероблюють її в матеріали, з яких виготовляють готові вироби. Виробничий процес складається з багатьох технологічних і допоміжних процесів.

Технологічний процес – це основна частина виробничого процесу, в якій безпосередньо здійснюються зміна форми, розмірів або стану сировини (матеріалу) і отримання кінцевого продукту виробництва конкретної галузі.

Допоміжний процес включає збереження, контроль, транспортування сировини, матеріалів та готової продукції, підготовку виробництва, експлуатацію обладнання і будівель (приміщень, де відбуваються технологічні процеси).

Кожний технологічний процес може бути розділений на більш дрібні технологічні ланки (стадії або операції) і представлений у вигляді технологічної схеми, що пояснює процес переробки сировини в готові вироби, або кінцевий продукт.

У кожній галузі промисловості застосовують свої, характерні для цієї галузі заходи, технологічні і виробничі процеси. Наприклад, в металургії - цілий ряд технологічних процесів отримання різних матеріалів: чавуну, сталі, прокату та ін.

Сукупність технологічних процесів, характерних для певної галузі промисловості, називають системою технологій даної галузі.

Сучасне виробництво характеризується великим різноманіттям видів використовуваної сировини і методів її переробки. При всій складності та специфічності методів переробки у конкретному промисловому виробництві іноді застосовують технологічні операції, які є характерними для інших галузей. До таких відносяться: подрібнення, сортування, нагрівання, охолодження, випарювання, кристалізація, сушіння, механічна обробка, зварювання та ін. Такі операції стали типовими для багатьох промислових виробництв. Наприклад, формування хімічних волокон, гуми, макаронних виробів, ковбаси, пластмасових прутків. Усі ці процеси належать до різних галузей, але мають спільну рису – всі вони пов’язані з єдиним способом формоутворення виробу, а саме: продавлювання через отвір сировини або матеріалу.

Сукупність однотипних технологічних процесів, що застосовуються у різних галузях, називають міжгалузевою системою технологій. Наприклад: зварювання, паяння, обробка тиском, складання. Все це типові міжгалузеві процеси.

Оснащення промислового виробництва

Сучасне виробництво неможливе без застосування техніки. До техніки належать усі засоби виробництва: агрегати, машини, апарати, верстати, прилади, оснащення.

Всі ці засоби часто називають обладнанням. Кожна галузь виробництва має своє обладнання.

Обладнання класифікується за наступними ознаками:

- *за належністю до тієї чи іншої галузі* розрізняють обладнання: гірниче, металургійне, хімічне, будівельне, машинобудівне, деревообробне, харчове та ін.;

- *за ступенем універсальності*: універсальне (для різних видів робіт), спеціальне (для одного, конкретного виду робіт), спеціалізоване (універсальне, але пристосоване для конкретного виду робіт);

- *за ступенем рухомості*: абсолютно стаціонарне (доменна піч), умовно стаціонарне (верстат), рухоме (автомобіль);

- *за ступенем унікальності*: масове (автомобіль), серійне (верстат), одиничне (телескоп, доменна піч);

- *за ступенем автоматизації*: механічне з ручним приводом (дриль ручна), механічне з автоматичним приводом (електродриль, універсальний верстат), напівавтоматичне (верстат – напівавтомат), автоматичне (верстат – автомат);

- *за видом привода*: з ручним приводом, з електроприводом, з пневмоприводом, гідроприводом;

- *за габаритними розмірами*: мініобладнання (настільне), нормальних розмірів, великогабаритне;

- *за призначенням*: технологічне (верстат, прес), допоміжне (вентилятор, кондиціонер).

Історія розвитку засобів автоматизації

Слово "автомат" у перекладі з грецького означає "самодіючий". У Древній Греції так називалися механізми і пристрої, що могли самостійно, без видимої участі людини виконувати будь-які дії. Перші автомати використовувалися в основному культовими кастами для показу "чудес", які творилися нібито божественною силою. Пізніше автомати – іграшки з'явилися в будинках знаті і служили для звеселяння гостей. І в середні століття неодноразово створювалися механічні птахи, звірі і різні фантастичні тварини, що махали крилами, рухатися і ричати. Звичайно,

практичної користі від таких "автоматів" було небагато, Але саме вони стали попередникам сучасних автоматів.

Інтенсивний розвиток автоматики почався в XVIII - XIX ст. у зв’язку з промисловим переворотом в Європі, пов’язаним з використанням енергії пари.

Першим промисловим "регулятором" того часу був поплавковий "регулятор", розроблений І.І. Ползуновим , який він побудував у 1765 році.

На принципі зміни керованих технологічних параметрів залежно від їх відхилення відносно заданого значення в 1784 році англійський механік Джорж Уатт побудував відцентровий "регулятор" швидкості парової машини. Принцип управління за відхиленням величини від заданого значення, відомий як принцип Ползунова - Уатта, дістав поширення в сучасній техніці.

У 1830 році Шиллінг у розробленому ним телеграфі запропонував перше електромагнітне реле, яке дістало практичне застосування в різних сферах промисловості.

У 1856 - 1871 році В.М. Чиколаєв розробив регулятори для дугових ламп, а в 1871 році математик П.Л. Чебишев у своїй праці про відцентровий регулятор почав теоретичні дослідження автоматичних регуляторів.

Одним із фундаторів теорії автоматичного управління вважається професор Петербурзького практичного технологічного інституту І. О. Вишнєградський, який опублікував у 1876 і 1878 роках свої класичні праці "Про загальну теорію регуляторів" та " регулятори прямої дії ".

Велике значення для розвитку теорії автоматичного управління мали дослідження академіка О.М. Ляпунова, який в 1892 році у своїй праці "Загальна задача про стійкість руху" заклав основи теорії стійкості нелінійних динамічних систем, а також обґрунтував вихідні положення лінійної теорії автоматичного управління.

Важливою подією було опубліковано М.Є. Жуковським у 1909 році першого підручника "Теорія регулювання ходу машин", в якому, крім

узагальнення відомих положень, було наведено нові дослідження регулятора з сухим тертям, основи теорії переривчастого регулювання.

В XX столітті енергія пари дедалі більше змінювалась електричною енергією, і питанням автоматизації різних електроустановок приділялося більше уваги. У цей період виникають автоматичні електростанції, автоматизуються окремі промислові ділянки, цехи та цілі підприємства. Ставляться і вирішуються завдання комплексної автоматизації цілих промислових процесів і виробництв.

В 60 - 80 - ті роки теорія автоматичного управління вирішує усе складніші питання з розробки нових систем, методів їх дослідження та синтезу.

Великою подією у розвитку теорії автоматичного управління була поява в 1948 і 1952 році праць американського вченого Н. Вінера, які стали основою нового напрямку розвитку - кібернетики. Академік А.М.Колмогоров визначив кібернетику як вчення про способи добування, збереження, перетворення і використання інформації в машинах, живих організмах та їх об’єднаннях. Принципи кібернетики як загальної науки про управління в найрізноманітніших умовах (системах) покладено в основу сучасних термінів і понять теорії автоматичного управління.

Нині в умовах науково – технічної революції автомати знаходять широке застосування в промисловості, на транспорті й у дослідницьких лабораторіях. Алі яку б роботу ні виконував автомат, він працює не сам по собі, його робота визначається програмою – визначеною послідовністю дій, що задається людиною. Програма роботи автомата може бути закладена в його конструкції. Наприклад, програма роботи часів міститься в пристрої спускового механізму і маятника, що одержують енергію від заводної пружини. У більш складних автоматах, як, наприклад, у верстатах із програмним управлінням, програма роботи задається ззовні у виді серії сигналів, записаних на магнітну стрічку, перфокарту або на спеціальний чіп.

Пристрій, вмонтований у блок управління верстатом, "зчитує" ці сигнали і посилає їх на механізми, які виконують необхідно задані операції.

Автомати стали безцінними помічниками людини. Автоматичні верстати і лінії допомагали різко підвищити продуктивність праці, смороду звільнили людину від роботи у важкодоступних і небезпечним для життя умовах.

Доручаючи усі більш відповідальні справи автоматам, людина безупинно вдосконалює їхню конструкцію, зовнішні і внутрішні зв'язки, шукає нові принципи дії. Щоб краще зрозуміти роботу автоматів, їх можна порівняти з людиною. Природа наділила людину органами почуттів, за допомогою яких віна сприймає й аналізує різноманітні роздратування, що надходять із зовнішнього середовища. Завдяки органам почуттів людина бачить і чує, розрізняє запахи і кольори, відчуває смак, почуває дотик. Реагуючи на роздратування, органи почуттів виробляють нервові імпульси, що по нервових волокнах надходять у центральну нервову систему. У відповідь центральна нервова система посилає імпульси-накази відповідним групам м'язів, і людина говорити, рухається, переміщає предмети, робить різні дії.

Автомати також мають "органи чуття"– різноманітні чуттєві елементи, чи датчики, що сприймають зміни освітленості, тиску, переміщення, температури, звуку. Датчики виробляють сигнали, що по «нервових волокнах» – ланцюгам прямої і зворотного зв'язку – надходять у «центральну нервову систему» – пристрій управління автомата. У залежності від призначення автомата і складності його конструкції пристроєм управління може бути звичайне реле, а в складних автоматах – комп’ютер.

У відповідь на сигнали датчиків пристрій управління посилає імпульсу-команди – виконавчим пристроям. З їхньою допомогою автомати пересувають важелі, поршні і заслінки робочих машин, пускають у хід високовольтні вимикачі, піднімають багатотонні вантажі, керують

кермовими системами кораблів і літаків. Якщо сигнали слабкі, те їх підсилюють у спеціальних пристроях – підсилювачах.

Завдяки бурхливому розвитку техніки в XX в. з'явилися енергетичні, технологічні, транспортні й інші машини й агрегати з автоматичним управлінням. Широке використання у виробничих процесах автоматичного й автоматизованого устаткування - це і є автоматизація виробництва. Якщо механізація звільняє людину тільки від важкої фізичної праці, то автоматизація передбачає передачу автоматичним пристроям також і функцій управління, регулювання і контролю, що раніш виконувала людина.

Автоматичне управління широко застосовується для виконання операцій, що вимагають від людини переробки великої кількості інформації в короткий час. Комп’ютер часто називають електронним мозком бо машина дуже швидко аналізує поточну інформацію, допомагає знайти правильне рішення. Відповідно, комп’ютер є необхідною ланкою багатьох промислових підприємств, транспорту і ін. При управлінні яким-небудь об'єктом комп’ютер одержує інформацію від датчиків, що контролюють стан цього об'єкта, аналізує отримані дані і виробляє команди, що потім перетворяться в сигнали, які впливають на об'єкт. Так, наприклад, верстати з автоматичним управлінням без участі людини роблять болти, гайки, колеса для залізничних вагонів і інші вироби, виготовлення яких не вимагає переналагодження верстата в ході роботи. Якщо виріб виявляється складним для одного верстата, то для його виготовлення ставлять кілька верстатів-автоматів, поєднують їх в автоматичну лінію.

Автоматичні лінії, верстати з програмним управлінням, промислові роботи застосовуються на машинобудівних заводах. Автоматичне регулювання підтримує сталість режиму роботи машини і приладу (стабілізує їхню роботу) або змінює цей режим за заздалегідь заданому закону регулювання. Так, наприклад, на гідроелектростанції автоматичні регулятори підтримують необхідну частоту обертання гідротурбіни, задані частоту і напругу вироблюваного струму, регулюють електричну потужність.

Автоматичне регулювання застосовується не тільки на електростанціях, але і на іншому рівні, відкриття і закриття вентилів, клапанів. Автомати регулюють роботу дробарок, млинів, змішувачів, холодильників. На підприємствах харчової, хімічної та інших галузях промисловості автомати подають сировину на переробку, дозують його і регулюють хід технологічних та хімічних процесів.

При автоматизації виробництва функції контролю також передані автоматичним пристроям. Автомати контролюють рух потягів і літаків, обробляють транспортну документацію і продають квитки. Усі сучасні літаки і судна оснащені автоматичним навігаційним устаткуванням. Пристроям автоматичного контролю доручений захист електричних мереж від перевантаження, коротких замикань, перенапруги, у результаті яких можуть виникнути аварії.

Основні поняття та терміни автоматизації виробництва

Автоматизація – один з основних факторів сучасної науково-технічної революції. Її ціль – підвищення ефективності праці, поліпшення якості продукції, що випускається, створення сприятливих умов для найбільш раціонального використання всіх ресурсів виробництва.

В основі автоматизації виробництва лежить системний підхід до побудови і використання комплексу засобів автоматичного управління, регулювання і контролю. В автоматиці широко використовуються новітні досягнення в галузі науки і техніки, що дозволяє повніше розкрити можливості технологічного устаткування.

Автоматизовані системи управління (АСУ) - це системи, у яких процес управління здійснюється частково автоматично, а частково при участі людини. Людина координує роботу окремих ланок АСУ, оцінює результати обробки інформації, в екстрених випадках бере на себе оперативне управління.

Участь людини в роботі АСУ особливо необхідно тоді, коли ті чи інші дії в процесі управління здійснюються на підставі досвіду людини, його інтуїції і тому не можуть бути запрограмовані.

Найважливіша науково-технічна передумова для створення АСУ – можливість автоматизації різних інформаційних процесів на основі широкого використання обчислювальної техніки.

У загальному плані автоматизація виробництва це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління виробничими процесами та передачею цих функцій технічним засобом - автоматичним пристроям і системам. В основі автоматизації виробництва лежить поняття "управління".

Управління - цілеспрямована дія на процес (об’єкт), яка забезпечує оптимальний чи заданий режим його роботи. Процес управління, з точки зору автоматичних систем, складаються з ряду елементарних операцій та етапів, які є спільними для технічних систем і систем живої природи.

Незалежно від мети, призначення, структури об’єкта процес управління передбачає виконання таких операцій, як:

- одержання та попередня обробка інформації про фактичний стан об’єкта, системи і навколишнього середовища;
- аналіз одержаної інформації, порівняння існуючої виробничої ситуації із заданою;
- прийняття рішення про дію на об’єкт у певному напрямку та оцінка можливості реалізації такої дії;
- реалізація управління, тобто формування дії за допомогою відповідних технічних засобів.

Якщо людина не бере участі у формуванні управляючої дії, управління називається автоматичним. У складних системах і ситуаціях прийняття остаточних рішень щодо управління залишається за людиною, тоді управління є автоматизованим. Відповідно до цього системи називаються автоматичними чи автоматизованими. В першому випадку за людиною

залишаються лише функції по обслуговуванню системи і контролю за її функціонуванням. В другому - технічні засоби забезпечують людину оперативною інформацією, але остаточне рішення, тобто етапи оцінки ситуації та формування управлінь, приймає вона сама. Автоматичне управління і відповідно автоматичні системи є більш досконалими, вони знаходяться на вищому ступені розвитку.

При здійсненні процесу управління часто доводиться спочатку відшуковувати потрібний режим роботи, а потім його підтримувати. В окремих випадках для простих об’єктів значення технологічних параметрів задаються наперед, тоді системи називаються системами автоматичного регулювання (САР). Сучасні автоматичні та автоматизовані системи є за своєю структурою розподіленими і базуються на мережевих технологіях з використанням мікропроцесорних засобів.

Об’єкт автоматизації - це будь-який технологічний апарат, процес, машина, установка що підлягає автоматизації.

Сучасні системи автоматизації об’єднуються у складні комп’ютерно-інтегровані системи. Розглядаючи їх, слід передусім, наголосити на тому, що сукупність взаємозв’язаних і взаємодіючих елементів у них призначена для досягнення певних цілей. сукупність елементів системи та характери зв’язків між ними визначаються структурою останньої. При створенні й аналізі систем автоматизації виділяються такі структури:

- функціональна - сукупність частин для виконання окремих функцій: одержання інформації, її обробка, передача і т.д.;
- алгоритмічна - сукупність частин для виконання певних алгоритмів обробки інформації;
- технічна - сукупність необхідних технічних засобів як відображення функціональної та алгоритмічної структур.

Основні переваги автоматизації полягають у можливостях забезпечити:

- зростання продуктивності та поліпшення умов праці;

- виконання робіт в важкодоступних та взагалі недоступних для людини сферах (радіоактивні зони, космос окремі види металургійного та інших виробництв);
- підвищення точності, якості технологічних процесів і відповідних виробів;
- зростання надійності та техніко - економічних показників і загальної культури виробництва та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Автоматизація виробництва проводиться автоматичними пристроями, які можна класифікувати за різними ознаками. Однією з найпоширеніших є класифікація за функціональним призначенням пристрою, згідно з якою виділяють такі автоматичні пристрої:

- автоматичного контролю та сигналізації;
- автоматичного захисту;
- обчислювальні;
- автоматичного управління.

Пристрої автоматичного контролю та сигналізації забезпечують контроль за перебігом технологічних процесів, станом приміщень та відповідно сигналізацію. При нормальних умовах процесів використовується оптична сигналізація, а при появі відхилень від цих умов - оптична та акустична сигналізація.

Пристрої автоматичного захисту забезпечують захист об’єктів при появі загрози для обладнання, продукції або обслуговуючого персоналу.

Обчислювально-лічильні пристрої виконують самостійно складні розрахунки орбіт супутників, ракет, найвигідніших технологічних режимів роботи, експрес-аналізу та ін.

Блокуючі пристрої мають призначення не допускати виконання хибних команд.

Пристрої автоматичного управління забезпечують бажані зміни в ході процесів. Це - найскладніші й дуже поширені пристрої автоматики, роботу яких вивчає "Теорія автоматичного управління". Управління - це

цілеспрямована дія на об'єкт яка забезпечує оптимальний чи заданий режим його роботи. Процес управління складається з ряду елементарних операцій та етапів, які є спільними для технічних систем і систем живої природи. Незалежно від мети, призначення, структури об’єкта процесу управління передбачає виконання таких операцій, як:

- одержання та попередня обробка інформації про фактичний стан об’єкта, системи і навколишнього середовища;
- аналіз одержаної інформації, порівняння існуючої виробничої ситуації із заданою;
- прийняття рішення про дію на об’єкт у певному напрямку та оцінка можливості реалізації такої дії;
- реалізація управління, тобто формування і здійснення дії за допомогою відповідних технічних засобів.

Технологічний процес в промисловості нерозривно пов’язаний з її автоматизацією технологічних процесів. Автоматизація ефективно застосовується на сучасному етапі розвитку людства з метою досягнення зростання показників ресурсозбереження, поліпшення екології навколишнього середовища якості та надійності продукції. В зв'язку з бурхливим розвитком мікропроцесорної техніки і персональних комп’ютерів (ПК), функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління. Мікропроцесорні пристрої та ПК, пов’язані між собою обчислювальними та керуючими мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп’ютерні технології у нетрадиційній сфері діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та управління ними.

Головним напрямом автоматизації виробництва на сучасному етапі є створення комп’ютерно-інтегрованих виробничих комплексів. Основою систем автоматизації стали функціональні можливості мікропроцесорних систем управління, при створенні яких вирішальну роль відіграють такі

фактори, як використання принципів інтеграції, розподіленого управління, програмних комплексів. При автоматизації виробництва об’єктом є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс із складними взаємозв’язками між його підсистемами.

Підвищити оперативність управління, максимально враховувати виробничу ситуацію дає можливість розширення функціональних можливостей сучасних мікропроцесорних систем управління пов’язано зі все зростаючою кількістю видів і систем відображення технологічної інформації: використанням динамічних мікросхем; одержанням графіків технологічних параметрів за будь - який відрізок часу; формування передісторії і розвитку процесу; архівування за допомогою таблиць, звітних документів тощо.

При системному підході автоматизація виробництва дає кращі результати: досконало вивчаються властивості об’єкта автоматизації, розробляється функціональна структура як сукупність виконуваних системою функцій.

На сьогодні існує велика кількість визначень "система", оскільки в різних ситуаціях в нього вкладається різний зміст, але в будь - якому випадку система являє собою підмножину взаємоз’вязаних елементів певної природи, залежно від розв’язуваного завдання.

При створенні систем автоматизації використовують багатоконтурні системи, в яких реалізуються принципи компенсації збурень, адаптації, досконалі структури систем з додатковими сигналами та інше.

Зміна місця і ролі людини у сучасному виробництві

Науково-технічний прогрес означає формування нового технологічного способу виробництва. Він відбувається поступово, але невпинно, адже йдеться про величезні масштаби виробництва. І сьогодні ще поряд з високотехнічним автоматизованим виробництвом існують галузі, де застосовують ручну працю.

Одним з найважливіших не тільки економічних, а й соціальних завдань у розвитку суспільства є зменшення частки фізичної ручної праці у

виробництві. Це потребує істотних змін в умовах життя і праці людини, вимагає освоєння більш складних професій, що можливо лише для людей з достатнім культурним, освітнім та професійним рівнем. Сьогодні у науково-популярній і спеціальній літературі багато уваги приділяється “безлюдним технологіям”, тобто таким автоматизованим, гнучким системам, які нібито повністю усувають людину з виробництва. Проте на практиці, хоч кількість персоналу, який обслуговує таке устаткування, й знижується, роль людини у виробництві не тількине зменшується, а, навпаки, значно зростає.

Звичайно, характер трудової діяльності людини при цьому істотно змінюється: вона в основному виконує функції проєктувальника, програміста, налагоджує всю технологічну систему. До того ж “безлюдна технологія” у матеріальному виробництві доповнюється значним збільшенням кількості фахівців, зайнятих розробками нових технологічних систем та устаткування. Ці працівники є практично учасниками кінцевого виробництва. Так, на заводі в одну зміну можуть працювати лише 10 – 20 чоловік, а в конструкторському бюро при цьому заводі – кілька сотень. Людина поєднує і фізичну, і розумову діяльність. Проте співвідношення між цими складовими праці різне. З розвитком суспільного виробництва на основі нової техніки і технології у загальних витратах праці підвищується значення її розумової частини. Виникає багато професій, які все менше передбачають виконання фізичних дій і все більше – розумових. Це наладчики електронного устаткування, оператори на автоматичних лініях, гідро-, тепло- та атомних електростанціях та ін.

На початку XX ст. набула поширення організація виробництва за методом американського інженера Ф.Тейлора, що грунтувалася на функціонуванні робітника як простого додатка до машини, який у виконанні певної операції досягав автоматизму. Досягалося це насамперед раціоналізацією та прискоренням рухів людини, приведенням її дій у відповідність з роботою машин. Саме завдяки цьому виникла система “людина – машина”. Система Тейлора була характерною для масового

потокового виробництва і приводила до значного зростання продуктивності праці.

За цих умов розумова діяльність людини обмежувалася, усувалася від виробничого процесу, оскільки була непотрібною. Це неминуче призводило до зниження ролі про фесійних знань виробників, їх інтелектуального рівня, було реальним підпорядкування праці капіталу, спотворення особистості людини. У другій половині нинішнього століття можливості зростання продуктивності праці за рахунок найбільш раціонального використання фізичних можливостей людини були вичерпані.

Нове завдання полягало в тому, щоб привести в рух можливості розуму і духу людини. У зв'язку з цим виникло багато теорій "людських відносин", "соціального партнерства" та інших, спрямованих на те, щоб довести, що підприємці та робітники через купівлю акцій та участь у розподілі прибутку є рівноправними соціальними партнерами. В ряді країн (Японії, США та інших, особливо в Скандинавських) ці теорії вдалося реалізувати на практиці. Людина з виконавця виробничих операцій все більше перетворюється у контролера і наладчика складного устаткування, автоматичних систем. Від рівня її освіти, культури, професійної майстерності залежить їх функціонування. Ускладнення матеріально-речових знарядь виробництва стимулює появу робітника нової якості: вільного, освіченого, культурного, розвиненого як фізично, так і розумово, який користується благами виробництва і глибоко заінтересований у його розвитку і вдосконаленні. Тому, наприклад у США, мінімальна тривалість освіти виробників (враховуючи різного роду курси без відриву від виробництва) досягає 14,5 року. Тут хотілося б підкреслити, що в нашій країні асигнування на освіту не відповідають вимогам науково-технічного прогресу, що позначається на якості підготовки спеціалістів, на розвитку науки і техніки.

Перехід до широкого застосування обчислювальної техніки, комп'ютеризації багатьох сфер діяльності людини, використання розгалуженої системи персональних комп'ютерів (ПК) ознаменував

інформаційний переворот у світі, який вніс якісно нові риси у працю і життя людини. Нині докорінно змінюється взаємодія нових поколінь техніки і нових поколінь людей.

Новими поколіннями техніки вважаються такі вдосконалені засоби праці, які хоча б в одному або в кількох параметрах принаймні в 2 раза перевищують попередні за своєю ефективністю. Зміна поколінь техніки супроводжується зміною поколінь людей, безпосередніх виробників. Вважається, що протягом століття змінюється три покоління людей. Сучасна НТР внесла істотні зміни у суспільно-економічний розвиток: зміна поколінь нової техніки почала значно випереджати зміну поколінь працівників. Тепер за життя одного покоління людей у передових галузях виробництва змінюється кілька поколінь техніки.

Сучасна НТР охоплює майже чотири десятиріччя. За цей невеликий історичний проміжок часу в електроніці змінилося багато поколінь комп'ютерів, супутників зв'язку, в авіації використовують створено надзвукові літальні апарати. Швидкість цього процесу визначається часом, за який наявне знання, в тому числі й кваліфікація робітника, наполовину знецінюється. Старіння знань з науки і техніки відбувається нерівномірно. Воно коливається в межах 5–7 років у галузях, що швидше розвиваються, 10–12 років у інших і 10–15 років у деяких науково-прикладних та інженерно-технічннх галузях.

Ще на початку XX ст. людині вистачало на весь період її трудової діяльності знань, здобутих під час загального та професійного навчання. НТР змінила ситуацію докорінно. Все ширшим стає коло професій і спеціальностей, знання у яких швидко старіють, а набута кваліфікація знецінюється. Щоб підтримувати необхідний рівень знань, людина повинна періодично підвищувати свою кваліфікацію.

Система освіти перетворюється на безперервну, гнучку, яка у разі потреби дає можливість підвищувати або змінювати кваліфікацію працівників з відривом і без відриву від виробництва: виховує в людині потяг

до постійного здобуття нових знань, уміння оволодівати інформацією, сприймати соціально-економічні, науково-технічні нововведення.

Поряд з традиційною освітою поширюється "електронна" грамотність людей, яка поступово, але невпинно охоплює все більше коло професій. Вона має стати обов'язковою для всіх, оскільки визначає кваліфікованість спеціалістів, їх здатність обробляти і використовувати інформацію.

Хоча витрати на технічні засоби виробництва дуже швидко зростають, але й витрати на виховання, освіту, професійну підготовку одного робітника, здатного працювати на певному робочому місці теж становлять значну суму. Про це свідчать дані країн з розвинутою економікою. Якщо враховувати кошти, які держава виділяє на навчання у дошкільних, середніх та вищих навчальних закладах, на виробниче навчання, підвищення кваліфікації та перекваліфікацію працівників (до них додаються особисті витрати людей на придбання книг, передплату періодичних видань, оплату навчання тощо), на виховання дітей, охорону здоров'я, то витрати на відтворення робочої сили стають не тільки порівнянними з вартістю матеріально-речового багатства суспільства. До того ж хоч яким величезним є останнє, людина – головне багатство суспільства.

На основі зростання суспільного виробництва змінюється співвідношення між зайнятістю у матеріальному та нематеріальному виробництві, особливо у соціальній сфері. Нині у розвинених країнах частка зайнятих у соціальній сфері більша, ніж зайнятих у матеріальному виробництві. Це пов'язано з тим, що продуктивність праці у матеріальному виробництві на основі науково-технічного прогресу зростає і дає можливість спочатку при відносно, а потім і абсолютно меншій кількості зайнятих у матеріальному виробництві забезпечувати потреби суспільства і переводити все більше працівників у сферу, яка задовольняє соціальні, культурні та духовні потреби людей.

Сьогодні у зв'язку із зростанням вимог до людини, до її фізичних та розумових здібностей ступінь розвитку соціальної сфери безпосередньо

впливає на розвиток економіки і культури країни. Тому не можна не відносити до сукупного суспільного працівника вчителів, лікарів, працівників культури, побутового та житлово-комунального господарства, пасажирського транспорту тощо. Вони відіграють дедалі зростаючу роль у розвитку економіки і суспільства.

Треба зазначити, що в країнах, які розвиваються та переходять до ринкових відносин, зростання зайнятих у сфері обслуговування відбувається за рахунок роздрібної торгівлі, надання різних побутових послуг тощо, а не за рахунок обслуговування матеріального виробництва. Це наслідок не прогресу, а відсталості, форма прихованого безробіття. На сучасному етапі посилюється процес перетворення науки на безпосередньо продуктивну силу, органічного поєднання науки і виробництва.

У сфері науки та наукового обслуговування в Україні зайнято понад 1,5 млн. чоловік. Наукові дослідження, ІТ суттєво впливають на зростання суспільного продукту. Результати наукових досліджень є проміжним, а нерідко кінцевим продуктом суспільного виробництва. У загальному обсязі виробництва швидко зростає наукоємна продукція, яка є результатом втілення наукових розробок. Якість таких товарів, їх асортимент, техніко-економічні показники визначають нині науково-виробничий потенціал країни. Врешті-решт істотно змінюється співвідношення між галузями самого матеріального виробництва, насамперед між промисловістю і сільським господарством.

Щодо промисловості, то тривалий час частка зайнятих у ній людей постійно зростала. Тепер ця тенденція у розвинених країнах вже не спостерігається. Наблизилась до цього і більшість східноєвропейських країн, коли весь приріст промислової продукції досягається за рахунок підвищення продуктивності праці при абсолютному скороченні чисельності працівників. Отже, важливим напрямом якісного вдосконалення сукупного суспільного працівника є швидке підвищення загальноосвітнього рівня працівників, інтелектуалізація праці.

В умовах науково-технічного прогресу техніка і технологія висувають високі вимоги до професійних знань і вмінь людини-виконавця, до її загальної та спеціальної освіти. Науково-технічний прогрес як фундаментальний закономірний процес дає змогу суттєво розширити виробничі можливості працівників, збільшуючи плідність їх зусиль при виробництві суспільно-значимого продукту. Тому реформа системи освіти, у тому числі й вищої, повинна розв'язати проблему індивідуалізації навчання кадрів, істотного підвищення його ефективності.

1.2. Засоби інформаційних технологій в атоматизації виробничих процесів

Інформаційна технологія – це сукупність методів, виробничих процесів та програмно-апаратних засобів, які об'єднані в єдиний ланцюг, що забезпечує збирання, переробку, збереження, розповсюдження та відображення інформації з метою зниження працеємності процесів використання інформаційного ресурсу, а також підвищення його надійності та оперативності.

Відомо, що в сфері управління використовують чотири об'єкти ресурсу: ресурс праці, фінансовий та матеріальний ресурси, а також обладнання. На сучасному етапі з'явився п'ятий – інформаційний ресурс. В докомп'ютерній інформаційній технології цей ресурс не був централізований, а розкиданий між працівниками сфери управління. Основний спосіб його отримання – виробничі наради, бесіди, семінари, брифінги, телефонні розмови тощо. Збір та підрахунок цього ресурсу працеємний, що вимагає величезних витрат часу суб'єктів сфери управління. Комп'ютерні новітні інформаційні технології значно покращують процес контролю за використанням інформаційного ресурсу, роблять цей процес більш надійним та оперативним.

Під *інформаційним ресурсом* розуміють сукупність фундаментальних та прикладних наукових знань, інженерних та управлінських рішень, всього

професійного, освітянського та творчого потенціалу суспільства, а також наявність високоефективних засобів збирання, збереження, переробки, передачі та використання інформації.

Інформаційні процеси (збирання, переробка, збереження та передача інформації) завжди відігравали важливу роль в науці, техніці та житті суспільства. У ході еволюції людини проглядається стійка тенденція до автоматизації цих процесів, хоча їх внутрішній зміст, по суті, залишився незмінним.

Збирання інформації – це діяльність суб'єкта, в процесі якої він отримує повідомлення про об'єкт, що його цікавить. Збирання інформації може здійснюватися або людиною, або за допомогою технічних засобів та систем.

Обмін інформацією (передача) – це процес, коли джерело інформації її передає, а споживач інформації її приймає. У результаті обміну інформацією між джерелом та споживачем встановлюється своєрідний "інформаційний баланс", при якому, в ідеальному випадку, споживач інформації буде володіти тією же інформацією, що й джерело інформації. Отриману інформацію споживач може використовувати неодноразово. З цією метою він повинен її зафіксувати на матеріальному (фізичному) носії (магнітному, фото, відео і т.д.) Процес формування початкового несистематизованого масиву інформації називають *накопиченням інформації*.

Збереження інформації – це процес підтримки накопиченої інформації у вигляді, що забезпечує видачу даних на запит у будь-який час.

Переробка інформації – це упорядкований процес її перетворення у відповідності з алгоритмом рішення задачі.

Після розв'язання задачі обробки інформації результат повинен бути виданий користувачеві в необхідному вигляді. Ця операція реалізується в ході рішення задачі видання інформації.

Таким чином, інформаційні технології характеризуються наступними основними властивостями:

- предметом (об'єктом) обробки (процесу) є дані;
- метою процесу є отримання інформації;
- засобами здійснення процесу є програми та апаратні обчислювальні системи;
- процеси обробки даних поділяються на операції у відповідності з предметною галуззю;
- вибір керуючих впливів на процеси повинен здійснюватися суб'єктами, що приймають рішення;
- критеріями оптимізації процесу є своєчасність отримання інформації користувачем, її надійність та повнота. З усіх видів технологій, інформаційна технологія виставляє самі високі вимоги до "людського фактору", виявляючи принциповий вплив на кваліфікацію персоналу, полегшення його праці, фізичне та розумове навантаження, рівень соціальних відносин.

Автоматизована інформаційна система (АІС) – це взаємозв'язана сукупність даних, обладнання, програмних засобів, персоналу, стандартних процедур, які призначені для збирання, обробки, розподілу, зберігання, представлення інформації у відповідності з вимогами, які випливають з цілей організації. Сьогодні, у вік інформації, практично кожна інформаційна система використовує комп'ютерні технології, і тому надалі під інформаційними системами надалі будемо розуміти саме автоматизовані комп'ютерні ІС.

Інформаційні системи включають в себе: технічні засоби обробки даних, програмне забезпечення і відповідний персонал. Чотири складові частини утворюють внутрішню інформаційну основу:

- засоби фіксації і збирання інформації;
- засоби передачі відповідних даних та повідомлень;
- засоби збереження інформації;
- засоби аналізу, обробки і представлення інформації.

Різноманітність інформаційних систем з кожним роком все зростає. В залежності від функціонального призначення можна виділити такі системи: управляючі (АСУТП, АСУВ), проєктні (САПР), наукового пошуку (АСНД, експертні системи), діагностичні, моделюючі, систем підготовки прийняття рішення (СППР), а в залежності від сфери використання - на адміністративні, економічні, виробничі, медичні, навчальні, екологічні, криміналістичні, військові та інші.

Для сучасних умов характерне застосування високоефективних внутрішньо-фірмових систем інформації, що ґрунтуються на використанні найновіших інформаційних технологій, зокрема єдиної локальної комп'ютерної мережі. Управлінська внутрішня інформаційна система представляє собою сукупність інформаційних процесів для задоволення потреб в інформації на різних рівнях прийняття рішень. Інформаційна система включає компоненти обробки інформації, внутрішні і зовнішні канали передачі.

Інформація, особливо її автоматизована обробка, і тепер залишається важливим фактором підвищення ефективності діяльності будь-якої організації. Важливу роль у використанні інформації відіграють способи її реєстрації, обробки, нагромадження і передачі; систематизоване збереження інформації і її видача в потрібній формі; виробництво нової числової, графічної та іншої інформації.

В сучасних умовах у великих організаціях створені і ефективно діють інформаційні системи, які обслуговують процес підготовки і прийняття управлінських рішень і вирішують наступні задачі: обробку даних, обробку інформації, реалізацію інтелектуальної діяльності з метою створення інформації. Управлінські інформаційні системи послідовно реалізують принципи єдності виробничого процесу та інформаційного процесу супроводу через застосування технічних засобів збирання, накопичення, обробки і передачі інформації в поєднанні з використанням аналітичних методів математичної статистики і моделей прогнозно-аналітичних

розрахунків та інших необхідних прикладних засобів. У виробничо-господарській структурі підприємства забезпечується узагальнення інформації "знизу - вверх ", конкретизація інформації "зверху - вниз ", а також уніфікується інформаційний процес, спрямований на отримання науково-технічної, планової, контрольної, облікової і аналітичної інформації.

Підвищення ефективності використання інформаційних систем досягається шляхом наскрізної структури і сумісності інформаційних систем, які дозволяють усунути дублювання і забезпечують багатократне використання інформації, встановлюють визначені інтеграційні зв'язки, обмежують кількість показників, зменшують обсяг інформаційних потоків, підвищують рівень використання інформації. ІС повинна підтримувати такі функції, як надання інформації (наприклад, потрібної користувачам для вирішення науково-виробничих задач) та створення найзручніших умов для її поширення (наприклад, проведення адміністративно-організаційних, науково-дослідних і виробничих заходів, які забезпечують її ефективне розповсюдження).

Сучасна ІС в заданій сфері діяльності організації дозволяє забезпечити вирішення таких завдань:

1) прямий, своєчасний доступ до інформаційного продукту (точну інформацію про хід виробничого процесу в просторі та часі);

2) ефективну координацію внутрішньої діяльності та оперативне розповсюдження різноманітних повідомлень;

3) ефективнішу взаємодію із суміжниками по технологічних маршрутах за рахунок використання більш інформованих та наочних засобів відображення та передачі-прийому повідомлень;

4) виділення необхідного і неперервного часу для менеджерів всіх ланок на такі високоефективні види діяльності, як аналіз та прийняття рішень за рахунок зменшення часу на здійснення малопродуктивної діяльності;

5) використання якісно кращої технології системного аналізу та проєктування оперативного управління на нижній та середніх ланках

управління виробництвом.

Інформаційні технології в автоматизації проєктно-конструкторських робіт

Ускладнення конструкцій виробів за рахунок підвищення ступеня механізації і автоматизації виконуваною цими виробами роботи, збільшення їх номенклатури викликає різке зростання об'єму проєктно-конструкторських робіт. Збільшується час на проведення науково-дослідних і проєктно-конструкторських робіт, що, у свою чергу, подовжує терміни освоєння нових виробів у виробництві. В той же час швидке моральне старіння техніки ставить завдання прискорення процесу підготовки виробництва і впровадження нових виробів. Важливою ланкою цього прискорення є скорочення термінів розробки.

Одним з шляхів інтенсифікації проєктних робіт може служити залучення додаткового конструкторського персоналу і відповідної техніки для виконання поставлених завдань (засобів організаційної техніки, засобів безкопіювального розмноження конструкторської документації і ін.). Практика показує, що вказані традиційні способи інтенсифікації конструкторських робіт в основному вичерпали себе. У проєктних організаціях спостерігається дефіцит робочих кадрів, зокрема висококваліфікованих проєктувальників і конструкторів. Вихід з положення, що створилося, слід шукати в новому підході до процесу розробки, використовуючи в нім досягнення конкретних технічних дисциплін, математики і обчислювальної техніки. Саме автоматизація проєктування (АП) здатна вирішувати назрілі проблеми розробки на сучасному рівні. Практична реалізація цілей і ідей АП відбувається в рамках систем автоматизованого проєктування (САПР). Якщо технологія виготовлення нових виробів в останнє десятиліття далеко зробила крок вперед, то процес розробки виробів і конструкторської документації на них змінився мало. В даний час в проєктних, конструкторських, технологічних і проєктно-пошукових організаціях все ширше починають використовувати САПР. У

основі САПР лежить математичне моделювання процесів проєктування, яке дозволяє складати програми на виконання проєктних робіт. Програми системи забезпечують повноту і всебічність опрацьовування можливих варіантів і вибір якнайкращого з них, такого, що максимально враховує взаємозв'язок між виробом, умовами його роботи і виконуваними операціями. САПР включає комплекс мір, серед яких важливе місце займає автоматизація проєктування, виробництва і експлуатації, автоматизація процесів управління, оптимізація результатів і ін.

САПР створена для вирішення конкретних технічних завдань і повинна володіти властивостями, що характеризують систему як переважну перед іншими видами проєктування. Вона повинна сприяти підвищенню якості і технічного рівня розробок, у тому числі і якості оформлення проєктної документації; забезпечувати істотне підвищення продуктивності конструкторської праці на всіх стадіях розробки; скорочувати цикл конструкторської і технологічної підготовки виробництва; удосконалювати проєктування на основі застосування математичних методів і засобів обчислювальної техніки. З метою глибшого опрацьовування інформації широко використовується системний підхід при постановці завдання і метод оптимізації при визначенні основного варіанту; бути універсальною в межах одного виду проєктування на основі уніфікації і стандартизації методів розробки; звільняти конструктора від виконання рутинної роботи, що сприяє підвищенню творчого характеру і престижності його праці; бути раціональною, тобто використовувати мінімальний об'єм пам'яті комп’ютера для отримання координат будь-якої точки найскладнішого геометричного елементу конструкції.

Використання комп’ютера для механізації і автоматизації розрахунків є початковим етапом впровадження САПР практично у всіх конструкторських організаціях. Створені в кінці 40-х років ЕОМ заклали основу розвитку автоматизації трудомістких обчислень. Використання комп’ютера в техніці для виконання проєктних і конструкторських розрахунків (кінематичних,

силових, міцностних, геометричних, теплових і ін.) створює базу для вирішення основних питань автоматичного проєктування. Автоматизація розрахунків дає значний економічний ефект. Вона не тільки підвищує продуктивність праці проєктувальника, але і значно підвищує надійність розробленої конструкції. Звичайне впровадження комп'ютера починається з розробки автономних програм, що автоматизують розрахунок окремих деталей, механізмів або характеристик виробу, що розробляється. Програма дозволяє виконувати необхідні операції і отримувати що цікавлять розробника вихідні дані.

Механізації і автоматизації за допомогою комп'ютера піддаються, в першу чергу, складні розрахунки, які неможливо виконати без застосування обчислювальної техніки і які легко піддаються математичній формалізації. Програми розрахунку складаються з типових розрахункових операцій, наприклад програми за типовими і міцностними розрахунками, програми за розрахунком деформацій, за геометричними розрахунками і ін. Програми розрахунку зазвичай складаються так, щоб результати обчислень могли бути використані в розробці без їх перетворення. Кожна програма охоплює якийсь один вид розрахунків. Може бути створена програма для проведення перевірочного розрахунку виробу, в яку вводяться всі дані, отримані при проведенні приватних розрахункових операцій. Якщо виріб, що розробляється, не задовольняє заданим вимогам, наприклад міцності або жорсткості, то на виході (на друк) видається відповідне повідомлення.

Прикладом автоматизації проєктувальних розрахунків з використанням комп'ютера може служити система проєктування приводів устаткування. Ця система передбачає розділення функцій між конструктором і комп'ютером в процесі ескізного проєктування, при якому конструктор виконує операції, що вимагають творчого підходу, а за допомогою комп'ютера здійснюються операції, що носять рутинний характер. Конструктор задає, наприклад, «німу» кінематичну схему проєктованого приводу, а також його основні параметри (потужність і частоту обертання двигуна, частоту обертання

вихідного валу, необхідні розміри). За допомогою комп’ютера проводиться підбір параметрів всіх деталей приводу (валів, коліс, шліцьових та шпонкових з'єднань, підшипників), причому поєднання цих параметрів повинне бути оптимальним. Підбір параметрів проводиться виходячи з умов жорсткості, рівня шуму, розмірів і тому подібне

Використання комп’ютера при недостатній інформації про проєктований об'єкт утруднене, оскільки не вдається повністю математично описати зв'язки досліджуваного об'єкту з іншими об'єктами. У цьому випадку найбільш переважним варіантом пошуку оптимального рішення є діалог «людина-комп’ютер». Цей процес не охоплений загальним алгоритмом і носить творчий характер. Багатократне звернення до комп’ютера дозволяє з'ясувати всі умови рішення задачі, в якій остаточне ухвалення рішення залишається за розробником. Об'єднання баз даних з методом аналізу «людина-комп’ютер» дозволяє істотно розширити і поглибити творчі здібності конструктора.

Початковим етапом впровадження АП є автоматизація окремих проєктуючих розрахунків з подальшим переходом до комплексної автоматизації проєктування, тобто коли створюються САПР. Обидва ці процеси мають багато загальних рис. Як для автоматизації проєктуючих розрахунків, так і для комплексної автоматизації проєктування використовується одна і та ж обчислювальна техніка і початкові дані (інформаційні дані про виріб, що розробляється, комплектуючі вироби, нормативно-технічну документацію і ін.). Автоматизоване проєктування, на відміну від подібного використання комп’ютера, характеризується автоматизацією операцій, що виконуються за допомогою програм, розрахованих на багатократне застосування при вирішенні певного класу проєктних завдань.

Використання САПР в наші дні обмежено. Вона охоплює такі групи виробів, які мають конструктивну, технологічну і експлуатаційну спадкоємність. САПР доцільно застосовувати при проєктуванні типових

конструкцій різних типорозмірів, що багато разів повторюються. Підсистеми автоматизованого проєктування можуть бути застосовані при розробці штампів, проєктуванні різних виробів і механізмів, наприклад зубчатих передач, редукторів, насосів, вібропристроїв, двигунів і ін. В деяких випадках САПР доцільно застосовувати для виконання окремих проєктних процедур: перевірочних розрахунків, оптимізації параметрів і тому подібне. Проєктними процедурами називають складові частини етапу проєктування, які закінчуються отриманням проєктного рішення.

Система САПР постійно удосконалюється. Багато галузевих проєктних організацій розробляють все нові системи, на комп'ютері виконується все більше проєктних операцій. Сьогодні не всі залежності проєктуючих об'єктів піддаються формалізації, отже, на них неможливо створити автоматизовану систему проєктування. Учені у всьому світі досліджують можливості використання САПР і розширення її меж. Але вже можна прийти до висновку, що всеосяжна система автоматизованого проєктування навряд чи буде створена.

Використання САПР в наші дні накопичило значний досвід, так що можна виділити наступні «покоління» САПР:

– перше покоління САПР - створення систем на базі єдиної серії ЕОМ з обмеженими можливостями роботи в діалоговому (інтерактивному) режимі;

– друге покоління САПР - створення систем на базі єдиної серії ЕОМ з широким використанням роботи в режимах розділення часу і діалоговому, причому ЕОМ використовується практично на всіх ступенях конструювання;

– третє покоління САПР - створення інтегрованих систем, що включають сервер великої потужності і пов'язані з ним персональні комп'ютери конструкторів.

Система автоматизованого проєктування (САПР) визначається на сьогодні як організаційно технічна система, що складається з комплексу засобів автоматизації проєктування, що взаємодіє з підрозділами проєктної організації і що виконує автоматизоване проєктування.

Автоматизоване проєктування забезпечується засобами, які можна згрупувати таким чином.

Технічне забезпечення САПР є сукупністю взаємозв'язаних і взаємодіючих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого проєктування. Воно включає пристрої комп’ютера (процесори, запам'ятовуючі пристрої); засоби підготовки, введення, відображення і документування даних; засоби архіву проєктних рішень.

Математичне забезпечення САПР об'єднує в собі математичні моделі проєктованих об'єктів, методи і алгоритми виконання проєктних процедур, використовувані при автоматизованому проєктуванні.

Програмне забезпечення САПР об'єднує власне програми для систем обробки даних на машинних носіях і програмну документацію, необхідну для експлуатації програми.

Інформаційне забезпечення САПР об'єднує всілякі дані, необхідні для виконання автоматизованого проєктування. Ці дані можуть бути представлені у вигляді тих або інших документів на різних носіях, що містять відомості довідкового характеру про матеріали, комплектуючі вироби, типові проєктні рішення, параметри елементів, зведення про стан поточних розробок у вигляді проміжних і остаточних проєктних рішень, структур і параметрів проєктованих об'єктів і ін. Основна складова частина інформаційного забезпечення САПР - банк даних, що є сукупністю засобів для централізованого накопичення і колективного використання даних в САПР. Банк даних (БНД) складається з бази даних (самих даних, що знаходяться в пристроях комп’ютера) і системи управління базою даних.

Лінгвістичне забезпечення САПР представлено сукупністю мов, вживаних для опису процедур автоматизованого проєктування і проєктних рішень.

Методичне забезпечення САПР складають документи, що характеризують набір, правила відбору і експлуатації засобів автоматизованого проєктування.

Організаційне забезпечення САПР включає положення, інструкції, накази, штатні розклади, кваліфікаційні вимоги та інші документи, що регламентують організаційну структуру підрозділів проєктної організації і взаємодію підрозділів з комплексом засобів автоматизованого проєктування.

Автоматизоване проєктування, що є різновидом загального проєктування, полягає в створенні образу об'єкту, що розробляється, в загальноприйнятій формі. Воно полягає в перетворенні початкового опису об'єкту розробки в остаточний опис. Початковим первинним описом виробу є технічне завдання. Остаточним описом є комплект конструкторської документації, по якій виготовляється виріб і який містить всі необхідні для цього зведення. Перетворення початкового опису в остаточне породжує проміжні описи, що іменуються проєктними рішеннями. Автоматизоване проєктування полягає в розробці проєктних рішень за допомогою програми здійснення проєктних процедур.

Щоб провести проєктування засобами автоматизованих систем, проєктований об'єкт повинен бути представлений у вигляді опису, який проєктуючі системи «пізнають» і можуть використовувати в своїй роботі.

Опис проєктованих об'єктів, особливо складних, вдається тільки при розчленовуванні їх на деякі складові частини і описі кожної частини окремо, наприклад ієрархічні рівні описів проєктованих об'єктів. Описи об'єкту проєктування можуть розрізнятися також залежно від аспекту, з якого описуються його властивості, що відображаються. Найбільш, важливими є функціональний, конструкторський і технологічний аспекти.

Функціональний аспект пов'язаний з відображенням основних принципів функціонування, характеру фізичних і інформаційних процесів, що протікають в об'єкті, і знаходить вираз в принципових, функціональних, структурних, кінематичних схемах і супроводжуючих їх документах.

Конструкторський аспект пов'язаний з реалізацією результатів функціонального проєктування, тобто з визначенням геометричних форм об'єктів і їх взаємним розташуванням в просторі. Опис геометрії об'єкту

проєктування є складним і громіздким процесом. Для деяких об'єктів проєктування представлення виробу може бути забезпечене за допомогою класифікатора, в інших - за допомогою спеціальних мов.

Технологічний аспект відноситься до реалізації результатів конструкторського проєктування, тобто пов'язаний з описом методів і засобів виготовлення об'єктів. До них можна віднести параметри оброблюваного об'єкту і режими обробки (геометричні розміри, конфігурація розташування щодо осей верстата і ін.).

Інформаційні технології в галузі обробки матеріалів

Серійне виробництво, в якому випускається до 80% загальної продукції, характеризується великими затратами робочого часу на виконання допоміжних операцій. Основним напрямком скорочення цих затрат є автоматизація виробничих процесів за рахунок використання верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). На цих верстатах досягається висока ступінь автоматизації обробки і можливість їх швидкого переналагоджування на обробку будь-якої деталі в межах технічних характеристик.

Ефективність застосування верстатів з ЧПУ виражається в:

- підвищенні точності і однорідності розмірів і форми оброблюваних заготовок;
- підвищенні продуктивності обробки в кілька разів ;
- зниженні собівартості обробки;
- значному зниженні потреб у висококваліфікованих верстатниках.

Застосування верстатів з ЧПУ розвивається у двох напрямках:

Перший напрямок – обробка дуже складних заготовок унікальних деталей, що мають складну конфігурацію і різні фасонні поверхні, виготовлення яких на традиційних верстатах є неможливим або вимагає великих затрат часу і праці, в тому числі висококваліфікованої або важкої фізичної праці.

Другий напрямок – обробка заготовок звичайних деталей з точністю IT16 – IT8 та шорсткістю Rz =(3…10) мкм. Економічна ефективність застосування верстатів з ЧПУ проявляється уже при обробці відносно невеликих партій (20…30 шт.) заготовок.

Відбувається вдосконалення систем ЧПУ та конструкцій верстатів, які сприяють підвищенню їх точності і продуктивності, розширенню технологічних можливостей по обробці з одного установа найбільшого числа поверхонь заготовки.

Вдосконалення систем ЧПУ в першу чергу направляється на підвищення точності обробки заготовок і компенсацію виникаючих похибок. Системами забезпечується безступінчасте регулювання частоти обертання шпінделя із збереженням постійності швидкості різання при переході на обробку поверхонь другого діаметра; можливість кутового позиціонування шпинделя для орієнтованої установки в патрон несиметричної заготовки; можливість поперечної обробки на токарному верстаті неорухомої заготовки свердлуванням і фрезеруванням.

Нові системи з ЧПУ передбачають компенсацію систематичних похибок обробки, пов`язаних із тепловими деформаціями технологічної системи, впливом зазорів в з`єднаннях на точність переміщень; автоматичну корекцію накопичених похибок.

В сучасних токарних верстатах вводиться автоматичне вимірювання розмірів оброблюваних заготовок. Отримана інформація обробляється системами ЧПУ для здійснення автоматичної корекції положення інструменту.

Для запобігання поломкам інструменту та появи браку в багатьох системах вводяться обмеження, що переривають процес обробки при досягненні граничних значень потужності різання, сили, моменти і т.п.

Для серійного та крупносерійного типів виробництва верстати з ЧПУ оснащаються засобами для завантаження та розвантаження заготовок, що дає можливість використовувати їх в складі гнучких автоматизованих дільниць.

Токарні, фрезерні і фрезерно-свердлувально-розточні верстати з оперативною системою управління дозволяють здійснювати програмування безпосередньо на верстаті із введенням управляючої програми з допомогою клавіатури пульта верстата. Сучасні багатоопераційні верстати мають пристрої для зміни окремих інструментів та багатошпиндельних головок, оснащуються змінними столами і наборами поворотних плит-супутників, що дозволяють здійснювати швидку автоматичну заміну оброблюваних заготовок різних типів і розмірів з контролем позиціонування базових поверхонь.

Для організації автоматичного циклу обробки сучасні багатоопераційні верстати забезпечуються пристроями для контролю стану різального інструменту і ступені його затуплення на основі контролю потужності, крутного моменту, сили струму або величин складових сил різання. Величина розмірного зношування інструменту для корекції його положення визначається за результатами автоматичних вимірювань оброблюваної заготовки або вимірювань інструменту безпосередньо на верстаті.

За рахунок об`єднання верстатів з ЧПУ в поточні лінії досягається неперервність технологічного процесу і його часткова автоматизація, створюються групові поточні лінії.

Створення гнучкого автоматизованого виробництва

Підвищення ефективності виробництва може здійснюватись за рахунок високоавтоматизованих технологічних комплексів устаткування, що функціонують з використанням принципів "безлюдної" технології - без участі робітників або з мінімальною кількістю обслуговуючого персоналу.

Розвиток подібних комплексів і перехід на безлюдну технологію в умовах багатономенклатурного серійного виробництва є можливим на основі впровадження гнучких виробничих систем.

Гнучка виробнича система (ГВС) - це сукупність або окрема одиниця технологічного устаткування і система забезпечення її функціонування в автоматичному режимі, яка має властивості автоматизованого

переналагоджування при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених границях значень їх характеристик.

За організаційною структурою гнучкі виробничі системи формуються у вигляді гнучких виробничих модулів (ГВМ), автоматичних ліній (ГАЛ), дільниць (ГАД), автоматизованих цехів (ГАЦ) і заводів (ГАЗ).

Гнучке автоматизоване виробництво представляє собою розвинуту автоматизовану систему, що управляється за допомогою комп'ютера, що включає в себе комплекс обробного устаткування, зв`язаного з автоматизованою транспортно-складською системою подачі, зберігання і транспортування матеріалів та виробів (АТСС), автоматизованою системою інструментального забезпечення (АСІЗ), системою автоматизованого контролю (САК), системою автоматизованого проєктування конструкцій виробів, що випускаються (САПР), автоматизованою системою технологічної підготовки виробництва (АСТПВ), автоматизованою системою наукових досліджень (АСНД) та автоматизованою системою управління виробництвом (АСУВ).

Гнучке автоматизоване виробництво характеризується високим ступенем автоматизації технологічних процесів обробки, обслуговування, управління і неперервністю процесів багатономенклатурного дрібносерійного виробництва. ГАВ дає можливість експлуатації на протязі доби технологічного устаткування при необов`язковій участі робітника у функціонування системи.

Однією із основних особливостей ГАВ являється його висока гнучкість, яка дозволяє в умовах серійного виробництва в будь-який момент припинити випуск продукції і за короткий період з мінімальними затратами приступити до випуску нової продукції, а загальна продуктивність праці зростає не менше, як у п`ять-шість раз.

Основною одиницею гнучкого автоматизованого виробництва являється гнучкий автоматизований модуль (ГАМ). ГАМ - це гнучка виробнича система, що складається із одиниці технологічного устаткування,

оснащена автоматичним пристроєм програмного управління і засобами автоматизації технологічного процесу. В загальному випадку засоби автоматизації ГВМ можуть включати накопичувачі, супутники, засоби завантаження-розвантаження, засоби заміни технологічного оснащення, видалення відходів, автоматизованого контролю, діагностики, засобів переналагоджування. На ГВМ автоматизований перехід на обробку різних заготовок здійснюється в межах технологічних можливостей устаткування.

Гнучка виробнича система складається із кількох гнучких виробничих модулів, зв`язаних автоматизованою системою управління і транспортно-складською системою. Система автоматичного управління розподіляє роботу між окремими модулями, направляючи заготовки по найкращим потокам. При цьому може бути призначена обробка кількох дрібних партій заготовок незалежно одна від одної. Наприклад, автоматизована транспортно-складська система відправляє заготовки на будь-який верстат комплексу і в будь-якій послідовності, а автоматизована система інструментального забезпечення слідкує за станом різальних інструментів на верстатах і виконує своєчасну заміну окремих інструментів або цілих інструментальних магазинів.

Удосконалення мікроелектронної бази і поява мікропроцесорної техніки призвело до перегляду ряду аспектів створення АКС. Сьогодні відбувається перехід до децентралізованих АКСТВ, які використовують дві функціональні структури: лінійну та кільцеву. Обидві системи є дворівневими. На нижньому рівні функціонують локальні мікрокомп’ютери, а на верхньому - центральний комп’ютер, який вирішує задачі планування, оптимізації зміни конфігурації системи в аварійних випадках.

Використання багатошинного комплексу в децентралізованих АКСТВ дозволяє підвищувати надійність управління за рахунок резервування елементів системи, спростити програмне забезпечення, скоротити терміни і вартість розробки систем, вводити систему в експлуатацію по частинам, збільшуючи об’єм задач, що вирішується.

На сучасному етапі розвитку виробництва, значна кількість вітчизняих

підприємств веде роботи з упровадження складних систем управління із застосуванням універсальних і спеціалізованих управляючих і обчислювальних машин і мікропроцесорних систем. Застосування управляючих обчислювальних комплексів виявилося ефективним при автоматизації управління об’єктами і агрегатами середньої і великої продуктивності, технологічними лініями і цехами з одно - і дворівневою структурою управління.

1.3. Інформаційний обмін в системах управління виробничими процесами

Інформаційна сутність управління

Управління – це цілеспрямована діяльність зі зміни стану керованого об'єкту або системи за заданим алгоритмом. Управління полягає у відтворенні керованою системою заданого стану або у виконанні послідовності команд. Дані, що описують заданий стан керованої системи або послідовність команд, що підлягають виконання, передаються засобами інформаційного обміну. Тому можна говорити про те, що всі процеси управління мають інформаційний зміст, а всі системи управління є інформаційними системами.

Інформаційний обмін в системах управління здійснюється за каналами зв'язку, заснованими на лініях зв'язку.

Інформаційний обмін може мати, як симетричний (диспозитивний), так і несиметричний (імперативний) характер. Несиметричність імперативного інформаційного обміну обумовлена тим, що його сторони грають різну функціональну роль: одна із сторін є ведучою (управляючою), а інша – підлеглою (керованою).

У імперативній формі розвиваються всі інформаційні процеси, пов'язані з управлінням. Підкреслимо, що управління – це не просто діяльність, а цілеспрямована діяльність. Саме цілеспрямованість обумовлює інформаційну суть процесів управління.

Дійсно, щоб процес управління міг діяти, повинні існувати і бути доступні наступні інформаційні об'єкти: уявлення про поточний стан системи; уявлення про цільовий стан, до якого необхідно перейти;

• інформаційні методи, що дозволяють порівнювати поточний стан з цільовим, виявляти відмінності, ухвалювати рішення і видавати необхідні команди.

Близьким по сенсу до поняття управління є поняття *регулювання.* Воно теж має інформаційну сутність. Регулювання можна розглядати як окремий випадок управління.

Регулювання – це діяльність з підтримки у заданого стану об'єкту або системи.

Приклад управління – управління транспортним засобом. Водій *управляє* положенням автомобіля відносно дороги, маршрутних орієнтирів, інших учасників дорожнього руху. Якщо це не заважає управлінню транспортним засобом, він може одночасно *регулювати* гучність радіоприймача і температуру повітря в салоні автомобіля.

Класифікація систем управління

Системи управління і регулювання прийнято класифікувати за ступенем автоматизації, за принципом дії і за способом управління (за інтерфейсом управління).

Таблиця1.1.

Класифікація систем управління		
За ступенем автоматизації	**За принципом дії**	**За методом управління**
Ручні Автоматизовані Автоматичні Компютеризовані	Механічні Гідравлічні Пневматичні Електромеханічні Електронні	Командні Пакетні Діалогові Адаптивні

Ступінь автоматизації визначає надійність, гнучкість і вартість системи управління. Від принципу дії істотно залежить зусилля, що розвивається системою, точність і швидкість її спрацьовування. Інтерфейс управління

визначає особливості взаємодії системи управління з людьми або з іншими суміжними системами.

Класифікація за ступенем автоматизації. За ступенем автоматизації розрізняють ручні, автоматизовані і автоматичні системи управління. У ручних системах всі функції управління виконує людина. Цей клас систем управління відрізняється гнучкістю і економічністю. Гнучкість дозволяє застосовувати їх в умовах, коли навколишнє середовище змінюється непередбачувано і автоматика не може ефективно пристосовуватись до зміни всіх зовнішніх умов.

Основний недолік ручних систем – порівняно низька надійність. Люди не можуть довго працювати без відпочинку, а стомившись, здійснюють помилки. Той факт, що рульове управління автомобілем довірене людині, – це важкий технічний компроміс. Він пов'язаний з тим, що сучасний рівень розвитку науки і техніки поки не дозволяє знайти ефективніше рішення. За цей компроміс доводиться розплачуватися здоров'ям людей, а іноді і їх життями. Із-за помилок в управлінні автотранспортними засобами на дорогах планети щорічно гинуть сотні тисяч чоловік, що помітно перевищує кількість жертв більш автоматизованих авіаційних, залізничних і морських перевезень.

Автоматичні системи управління (АСУ) здатні функціонувати без участі людини. Правильно спроєктовані АСУ мають високу надійність і ефективність. У багатьох випадках вони також демонструють високу економічність експлуатації.

Разом з тим, економічність експлуатації не означає дешевизну системи. Вартість первинного впровадження АСУ зазвичай набагато перевищує вартість впровадження ручних систем управління. Ще одним важливим недоліком АСУ є недостатня гнучкість. Як правило, автоматичні системи можна застосовувати тільки в тих умовах, для яких вони були спроєктовані. Так, наприклад, автопілот пасажирського літака не можна використовувати для управління бойовим літаком і, тим більше, морським судном.

У автоматизованих системах ручне управління поєднується з автоматичним. Прикладом такої системи є управління поїздами метро. Людина управляє поїздом вручну, але паралельно діє автоматична система, що контролює дії машиніста і застерігає від можливих помилок.

Автоматизовані системи застосовують там, де необхідно поєднувати підвищену гнучкість з підвищеною надійністю. Вони дозволяють знизити психічне і фізичне навантаження оператора і, тим самим, зменшують ризик виникнення помилок управління. До автоматизованих систем відносять також і комп'ютеризовані (центрально-автоматизовані) системи.

Класифікація систем управління за принципом дії. Принцип дії визначає фізичні параметри і властивості системи управління. Від нього значною мірою залежать силові, швидкісні і точнісні характеристики системи. За принципом дії розрізняють механічні, гідравлічні, пневматичні, електромеханічні і електронні системи управління.

Таблиця 1.2.

Класифікація систем управління за принципом дії			
Принцип дії	**Переваги**	**Недоліки**	**Простота автоматизації**
Механічний	Гнучкість Економічність Доступність	Підвищений знос при високих навантаженнях. Недостатня надійність	Недостатня. На механічному принципі зазвичай засновують ручне управління
Гідравлічний	Висока точність при великих навантаженнях. Висока надійність при правильній експлуатації.	Низька швидкість при великих навантаженнях. Складність технічної експлуатації.	Задовільна. Гідравлічні автомати використовують там, де потрібно поєднувати великі зусилля і велику швидкість
Пневматичний	Висока швидкість спрацьовування. Можливість створення великих	Підвищені вимоги з техніки безпеки Низька точність Шумність	Задовільна. Гідравлічні автомати використовують там, де вимагається поєднувати великі зусилля і високу

	фізичних зусиль. Економічність		швидкість
Електро механічний	Можливість управління на дуже великих дистанціях. Простота дублювання. Доступність.	Середня точність. Потреба в безперервному електроживленні.	Хороша. Електромеханічні системи автоматизують за допомогою електромеханічних датчиків, перемикачів, реле, мікроконтактів
Електронний	Найбільша швидкість спрацьовування. Можливість управління на будь-яких відстанях. Простота взаємодії з системами управління інших типів.	Потреба в безперервному електроживленні. Мала потужність. Складність захисту від несанкціонованої дистанційної взаємодії.	Максимальна. Електронні системи управління легко автоматизуються, можуть адаптуватися до зміни зовнішнього середовища. Здатність до програмування Автоматизація електронних систем часто заснована на комп’ютеризації.

Історично, найбільш ранніми стали *механічні* системи управління. З їх елементами ви знайомі по шкільних уроках фізики. Це важіль, блок, клин (площина похилої), ланцюг, зубчате колесо, гвинтова пара. Основною перевагою механічних систем управління є простота конструкції, а основним недоліком – підвищений знос у вузлах тертя, в результаті якого точність управління не залишається постійною. Чим вище фізичне навантаження на систему, тим вище інтенсивність її зношування.

Для механічних систем величина розвиваючого зусилля і точність управління – це взаємно суперечливі вимоги.

Гідравлічні системи управління здатні розвивати великі зусилля і при цьому забезпечують високу точність. Їх застосовують, коли ці вимоги важливі одночасно. Наприклад, на малих спортивних літаках система управління може бути механічною (такою, що складається з важелів і тросів), але на бойових літаках привід рульових площин потребує значних зусиль, тому в них застосовують гідравлічні системи.

Для гідравлічних систем суперечливими вимогами є величина зусилля, що розвивається системою, і швидкість спрацьовування.

Коли необхідно розвинути велике зусилля, в гідравлічну систему включають силовий агрегат (насос), що закачує в неї рідину, а відбувається це порівняно повільно. Для прикладу постежте за дією гідравлічних агрегатів дорожньо-будівельних машин.

Пневматичні системи відрізняються від гідравлічних тим, що в них енергія передається не через рідину, а через газ. Гази, на відміну від рідин, стискаються, а це означає, що вони здатні запасати енергію. Розширюються гази дуже швидко (це відбувається із швидкістю звуку), тому пневматичні системи, на відміну від гідравлічних, дозволяють поєднувати значні зусилля з високою швидкістю спрацьовування. Зокрема, системи управління гальмами на великовантажних автомобілях – пневматичні. Для них важлива як величина зусилля, так і швидкість спрацьовування.

Зважаючи на те, що збільшення сили на швидкість пропорційно потужності, пневматичні системи управління вигідно застосовувати там, де потрібно розвинути підвищену потужність за короткий час. У особливих випадках, коли потрібна не просто підвищена, а величезна потужність, використовують процес вибуху. Такі системи називаються *піротехнічними.* Прикладом такої системи є миттєве заповнення газом подушок безпеки при аварії автомобіля, що відбувається за допомогою спеціальних патронів, наповнених вибуховою речовиною (піропатронів). Для пневматичних систем основними вимогами є потужність і точність.

У *електромеханічних* системах, управління виконавчим пристроєм (електродвигуном або електромагнітом) здійснюється за допомогою зміни струму або напруги в силовому електроланцюзі. Основні переваги електромеханічних систем визначаються наступними факторами:

- можливістю управління на великих відстанях;
- простотою дублювання системи;
- відносною простотою прокладки лінії зв'язку.

За декілька хвилин електропровід можна прокласти через приміщення, за декілька годин – через будівлю, а за декілька днів – через океан. Для гідравлічних і пневматичних систем така швидкість прокладки ліній зв'язку немислима.

Характерним прикладом електромеханічної системи управління є рульова система крупних суден і авіалайнерів у яких із-за великої протяжності комунікацій важко використовувати гідравлічну систему.

Характерним недоліком електромеханічних систем є потреба в джерелі електроенергії і складність забезпечення високої точності.

Для електромеханічних систем, як і для механічних, суперечливими вимогами є величина зусилля, що розвивається, і точність.

Електронні системи засновані на унікальних властивостях напівпровідникових елементів. Характерними особливостями таких систем є простота автоматизації, широкі можливості при виборі лінії зв'язку (може бути електричною, оптичною, електромагнітною), надвеликі дистанції зв'язку (електронне управління космічними апаратами на відстані мільярдів км.).

Першим характерним недоліком електронних систем управління є невелика потужність. Електронні системи працюють з низькими значеннями напруги і струму. Тому коли ми говоримо, наприклад, про те, що бортовий комп'ютер автомобіля управляє витратою палива це є технічною метафорою. Насправді він управляє не витратою палива, а виконавчими пристроями, які у свою чергу, управляють витратою палива.

Другим характерним недоліком електронних систем управління є складність індивідуалізації каналу зв'язку. Це пов’язано з тим, що електронний канал достатньо складно захистити від доступу сторонніх осіб. На важіль, кермо або педаль можна повісити замок. Дроти або трубопроводи прокладають так, щоб виключити до них випадковий доступ, а електромагнітні хвилі розповсюджуються у всіх напрямках, а тому індивідуалізувати їх (зберегти доступ до них тільки за собою) дуже непросто.

Вирішується ця проблема таким чином: індивідуалізують не лінію зв'язку, а канал зв'язку за рахунок використання спеціальних протоколів. Роблять це спеціальним шифруванням команд і даних. Електронна система управління виконує команди тільки того оператора, який використовував при шифруванні правильний ключ.

Класифікація за методом управління. У інформатиці розрізняють чотири основні способи організації управління: командне управління; пакетне управління; діалогове управління; адаптивне управління.

Таблиця 1.3.

Класифікація систем управління за принципом організації управління			
Спосіб управління	**Переваги**	**Недоліки**	**Галузь застосування**
Командне управління	Простота реалізації. Економічність. Доступність.	Вимушені простої в очікуванні команд оператора. Негнучкість системи, складність її розвитку. Необхідність знання оператором набору команд, що розпізнаються системою	Більшість гідравлічних, пневматичних і електромеханічних систем ручного управління. Деякі електронні системи. Системи управління ліфтом, телевізором, телефоном і ін. У обчислювальній техніці: прості калькулятори
Пакетне управління	Відносна простота реалізації. Висока продуктивність. Функціональна гнучкість(пакети управляючих команд, можна готувати у відриві від системи).	Потреба в кадрах високої кваліфікації для підготовки управляючих пакетів (програм)	Пристрої з програмованим електронним управлінням: розвинені засоби побутової електроніки, смартфони (категорія програмованих стільникових телефонів) В обчислювальній техніці: персональні комп'ютери з

			неграфічними ОС типу MS-DOS
Діалогове управління	Простота експлуатації. Доступність кадрів.	Складність реалізації. Низька ефективність (значна частина ресурсів керованої системи витрачається на діалогову взаємодію з користувачем).	Комп'ютеризовані прилади і пристрої, окремі сервіси в пристроях побутової техніки, персональні коммунікатори. В обчислювальній техніці: персональні комп'ютери з графічними операційними системами типу Windows.
Адаптивне управління	Простота реалізації. Економічність. Доступність.	Обмежена продуктивність Недостатня надійність	Системи ручного управління, системи управління із зворотним зв'язком В обчислювальній техніці: координатно-позиційні пристрої управління: миша, трекбол, джойстик і ін.

Комп'ютеризовані системи управління

Оскільки комп'ютер є електронним приладом, він найпростіше сполучається з електронними системами управління. Основною метою комп'ютеризації систем управління є їх автоматизація.

Системи управління, засновані на засобах обчислювальної техніки, називають комп'ютеризованими системами управління.

Комп'ютеризація дозволяє реалізувати принцип центральної автоматизації машин, приладів, споруд, житла.

При центральній автоматизації один комп'ютер забезпечує автоматичну роботу багатьох систем. Наприклад, в автомобілі бортовий комп'ютер здатний:

- управляти витратою палива;
- контролювати дії водія;
- оцінювати загрози з боку інших учасників руху і управляти пасивною безпекою;
- управляти гальмівною системою при проходженні поворотів на високій швидкості;
- контролювати знос найважливіших деталей;
- попереджати водія про необхідність технічного обслуговування вузлів і агрегатів;
- забезпечувати роботу системи захисту від викрадення;
- управляти бортовими засобами зв'язку;
- забезпечувати роботу навігаційної системи;
- управляти кліматичною обстановкою в салоні;
- дистанційно виконувати фінансові розрахунки при русі по платних автомагістралях, мостах, тунелях, а також при використанні інших комерційних споруд.

Інтерфейси систем управління

Технічні системи управління обов'язково взаємодіють або з іншими системами, або з людиною. Сукупність засобів, за допомогою яких організовується необхідна взаємодія з системою управління, називається системним інтерфейсом.

Залежно від природи взаємодіючих об'єктів розрізняють декілька класів інтерфейсів. Технічні засоби, що відповідають за взаємодію пристроїв, називають апаратними інтерфейсами. Взаємодію між комп'ютерними програмами забезпечують програмні інтерфейси, взаємодію програм з пристроями забезпечують програмно-апаратні інтерфейси. Але особливе значення для інформатики мають засоби, що забезпечують взаємодію технічних засобів (як апаратних, так і програмних) з людьми. Їх називають інтерфейсом користувача. Розробка і узагальнення принципів і методів

створення ефективних інтерфейсів користувача є одним з завдань інформатики.

Інтерфейси систем управління реалізують дві функції: інформаційну функцію і функцію управління. Через інформаційний інтерфейс оператор отримує інформацію про стан контрольованого об'єкту або системи, а через інтерфейс управління він ними управляє.

Від організації інтерфейсу управління багато в чому залежить продуктивність оператора і рівень психофізичних навантажень, що діють на нього. Це позначається на стомленні оператора і можливості здійснення ним операційних помилок. У тих випадках, коли помилки ведуть до вірогідної втрати здоров'я і життя людей, інтерфейс повинен бути організований так, щоб виключити несприятливі поєднання найбільш критичних чинників і дій на систему.

ПРИКЛАД. Правильний інтерфейс управління електричною м'ясорубкою не дозволяє включити її, якщо контейнер, що має ножі, відкритий. Інтерфейс управління сучасними автомобілями не дозволяє запустити двигун, якщо не застебнутий ремінь безпеки. Система управління сучасною газовою плитою автоматично припиняє подачу газу до пальників, якщо немає горіння.

Оскільки всі процеси управління за своєю суттю є інформаційними, інформатика приділяє велику увагу інтерфейсам управління. Відповідно, розрізняються командні, пакетні, діалогові і адаптивні інтерфейси управління. Кожен з них має свої перевага і недоліки. У кожного способу організації управління своя галузь застосування.

Командне управління. При командному управлінні оператор видає окремі команди керованому об'єкту, який їх отримує, розпізнає і виконує. Оператор може:

- самостійно формувати команди;
- брати їх зі своєї пам'яті;

- отримувати команди з джерела даних (наприклад з інструкції по роботі з системою);
- отримувати команди по інформаційних каналах від вищерозташованих елементів системи управління.

Командний спосіб управління найбільш простий в технічній реалізації. В обчислювальній техніці команди зазвичай вводять за допомогою клавіатури. Навіть якщо комп'ютер абсолютно новий і поки не оснащений програмним забезпеченням, він здатний розуміти деякі команди. Це дозволяє почати з ним роботу і поступово розширювати можливості управління шляхом установки додаткових програм.

ПРИКЛАД. Традиційний приклад командного управління – взаємодія з водієм автомобіля за допомогою голосових команд: ПРЯМО, НАПРАВО, НАЛІВО. Якщо ж команди подавати не голосом, а жестами, то можна управляти водієм, що розмовляє іноземною мовою.

Крім переваг командний спосіб управління має і недоліки. Перший недолік відноситься до системи в цілому – це низька продуктивність роботи. Вона викликана тим, що, завершивши виконання однієї команди, технічна система повинна чекати, поки оператор видасть чергову команду. Добре, коли роль оператора виконує мікроконтролер. А якщо оператором виступає людина, то він знижує можливу продуктивність системи в мільйони разів. Проте, на це доводиться йти за економічними міркуваннями, а також в тих випадках, коли ухвалення рішень не можна довірити техніці.

Другий недолік командного управління пов'язаний з тим, що людина-оператор повинна знати правила введення системних команд. Людині зазвичай важко управляти пристроями, система команд яких складає хоч би десятки пунктів. Що вже говорити про пряме командне управління сучасними мікропроцесорами, наприклад такими, як *Intel Pentium,* система команд якого налічує більше тисячі різних інструкцій. Втім, існують спеціальні завдання, коли людям все-таки доводиться вивчати системи команд процесорів, які б складні вони не були.

Пакетне управління. Пакет – це заздалегідь сформована послідовність команд (список інструкцій, програма). У пакетному режимі оператор видає системі весь пакет відразу, після чого роль оператора виконує частина системи управління, яка називається *операційною системою.*

Пакетний інтерфейс дозволяє подолати перший недолік командного управління. Він не простоює в очікуванні чергової команди, а сам забирає її із загального пакету.

Пакетний режим ефективний і продуктивний, але не звільняє оператора від необхідності знати систему команд виконавчого елементу. Більш того, він повинен не тільки знати команди системи управління, але і уміти їх записувати в тому вигляді, який передбачили проєктувальники системи.

ПРИКЛАД. Традиційний приклад пакетної взаємодії з водієм автомобіля виглядає так. Пасажир передає водієві список дій, які слід виконати на перехрестях, лежащих за маршрутом руху. Наприклад: перший – ПРЯМО; другий – НАПРАВО; третій – ПРЯМО... Передавши список, пасажир може відпочивати. Після прибуття в кінцеву точку водій його розбудить.

На практиці процес управління здійснюється в два етапи. Перший етап – підготовчий. На цьому етапі готуються командні пакети. Другий етап – виконавчий.

На цьому етапі пакети команд виконуються. Порядок їх виконання, як правило, співпадає з порядком включення команд в пакет. Виключенням є спеціальні команди, що управляють порядком проходження команд.

Підготовкою пакетів зазвичай займаються спеціально підготовлені люди – програмісти. Якщо пакет команд (програма) акуратно підготовлений і ретельно перевірений, реалізувати управління технічною системою з його допомогою може і не дуже кваліфікований оператор, тобто звичайний користувач. Так, наприклад, вибираючи програму прання в сучасній пральній машині, домогосподарка реалізує пакетне управління. Пакети команд,

необхідні для роботи пристрої, в заданому режимі зберігаються в самому пристрої. На долю користувача залишається тільки вибір потрібного пакету.

Діалогове управління. У діалоговому режимі керована система сама звертається до оператора із запитами, що дозволяють вибрати спосіб дії, що управляє, на систему. Саме так організований інтерфейс управління в більшості сучасних комп'ютерних програм і операційних систем.

Діалоговий спосіб управління дозволяє парирувати другий недолік командного управління – необхідність вивчення системи команд. Замість цього користувач аналізує прості і зрозумілі запити, що поступають від системи, і вибирає дії, які йому здаються найбільш правильними. Важлива особливість діалогових систем полягає в тому, що запити до користувача можуть бути неформальними, записаними простою і зрозумілою мовою. На практиці вони зазвичай супроводжуються необхідними роз'ясненнями.

Робота з діалоговим інтерфейсом не вимагає від користувача кваліфікації вищої, ніж це необхідно для виконання усвідомленого вибору. Якщо користувач не знаходить потрібної команди у відкритому меню, значить, він повинен відкрити інше меню. Якщо система управління не надає потрібного меню, значить, треба вибрати іншу систему управління. Оскільки в обчислювальній техніці системи управління в більшості випадків реалізовані програмно, це означає, що треба просто змінити програму.

Недолік діалогового інтерфейсу – дуже низька технічна ефективність. Комп'ютерна система витрачає величезні ресурси на організацію зручного інтерфейсу для роботи користувача. В результаті вона вимушена довго працювати вхолосту (не простоювати, а саме працювати,) в очікуванні, поки користувач вибере те, що йому потрібно. Підсумкова ефективність діалогових систем в десятки разів нижча, ніж у систем пакетного управління.

ПРИКЛАД. Класичний приклад діалогового управління автомобілем виглядає так. Перед кожним перехрестям автомобіль зупиняється і між водієм і пасажиром починається наступний диалог: – Направо? – Ні. – Наліво? – Ні. Значить, поїдемо прямо.

Замкнута система управління. Зворотний зв'язок. У відкритій моделі оператор отримує інформацію від одного управління об'єкту, а управляє іншим. Проте в житті нам набагато частіше доводиться мати справу з системами управління замкнутого типу. У замкнутій системі управління відбувається управління тим самим об'єктом, від якого безпосередньо надходить інформація. Приблизно так ми пишемо і малюємо. Ми спостерігаємо за слідом, що залишає інструмент. Якщо результат нас не влаштовує, ми вносимо поправки в рух інструменту. Модель замкнутої системи має додатковий інформаційний зв'язок, який обслуговує окремий канал зв'язку. Він сполучає об'єкт управління з джерелом інформації, що управляє, і діє в напрямі, зворотному зв'язку, що управляє. Тому даний зв'язок називається *зворотним зв'язком.* Через неї оператор отримує інформацію про стан керованого об'єкту.

Адаптивне управління. Наявність зворотного зв'язку дозволяє досягти мети управління навіть в особливо складних умовах, коли зовнішні перешкоди виводять систему управління із стійкого стану. Зворотний зв'язок дозволяє парирувати дію несподіваних, не передбачених заздалегідь перешкод, що впливають на стан об'єкту управління, оператора і джерела інформації. На використанні зворотного зв'язку заснований принцип адаптивного управління.

Адаптація – це процес активного пристосування до умов і обставин навколишнього середовища. При адаптивному управлінні оператор гнучко управляє своїми діями, враховуючи інформацію, що надходить від об'єкту управління по каналу зворотного зв'язку. Він адаптує стан елементів системи управління, погодившись з умовами навколишнього середовища, що змінюються. Для людини адаптивне управління – найбільш природний спосіб управління. Люди адаптивно управляють своїм тілом при ходьбі. Адаптивно відбувається управління зором і слухом, диханням і кровообігом.

У обчислювальній техніці адаптивний механізм діє при управлінні мишею, джойстиком, тачпадом, трекболом і іншими маніпуляторами.

Клацання кнопкою миші – це приклад командного управління, але наведення покажчика миші на графічний елемент управління – це приклад адаптивного управління, заснованого на візуальному зворотному зв'язку. Спробуйте розірвати зворотний зв'язок (закрити очі або вимкнути монітор). Чи вдасться вам навести покажчик миші в потрібну точку?

Системи автоматичного управління

Для здійснення автоматизації виробничих процесів необхідно, щоб управління ними відбувалося без участі людини. Таке управління називають автоматичним. Для автоматичного управління застосовують різноманітні технічні засоби, які утворюють автоматичний керуючий пристрій, що одержує інформацію за допомогою посилання різноманітних сигналів. Якщо такий пристрій приставити до машини або механізму, які виконують технологічні операції, то цю машину або механізм називають керуючим об'єктом. Керуючий об'єкт і автоматичний керуючий пристрій становлять автоматичну систему управління (АСУ).

Частина системи, що виконує відповідну функцію, називається блоком. Залежно від виконуваних функцій в автоматичному керуючому пристрої блок може бути сприймаючим, задавальним, запам'ятовуючим, керуючим і виконавчим. Сприймальний блок приймає дії іззовні. Задавальний блок встановлює заданий порядок роботи і значення заданої величини. Запам'ятовуючий блок (блок пам'яті або фіксації) фіксує на відповідний проміжок часу значення дії. Керуючий блок перетворює дію, прийняту від інших блоків, і передає її на виконавчий блок. Виконавчий блок виробляє керуючі дії для об'єкта.

Кожна система, пристрій і блок мають вхід і вихід. Вхід – це частина системи, пристрою або блока, на яку безпосередньо подається дія. Вихід – це та частина, яка безпосередньо діє на іншу частину системи. Залежно від характеру керуючої дії системи автоматизації бувають стабілізуючі, програмні і слідкуючі. Стабілізуюча автоматична система здатна тривалий

час підтримувати керуючу величину постійною (наприклад, підтримування заданої швидкості обертання вала, рівня рідини в резервуарі, тиску та ін.).

Програмна автоматична система змінює керуючу величину відповідно з наперед заданою послідовністю змін. Таку систему застосовують у сушильних камерах, в яких температура і вологість повітря мають змінюватись відповідно до заданого режиму сушіння. Програма може бути задана перфорованими стрічками і картами, магнітним записом, кіноплівкою, кнопковими пристроями та ін.

Слідкуюча автоматична система замінює керуючу величину залежно від значення невідомої раніше змінної величини на вході автоматичної системи. Така система здатна слідкувати за змінами, що підбуваються в будь-якому процесі. В цю систему можуть навіть різні пристрої.

За принципом дії системи поділяються на системи з розімкнутими і замкнутими ланцюгами дії (рис. 1.1).

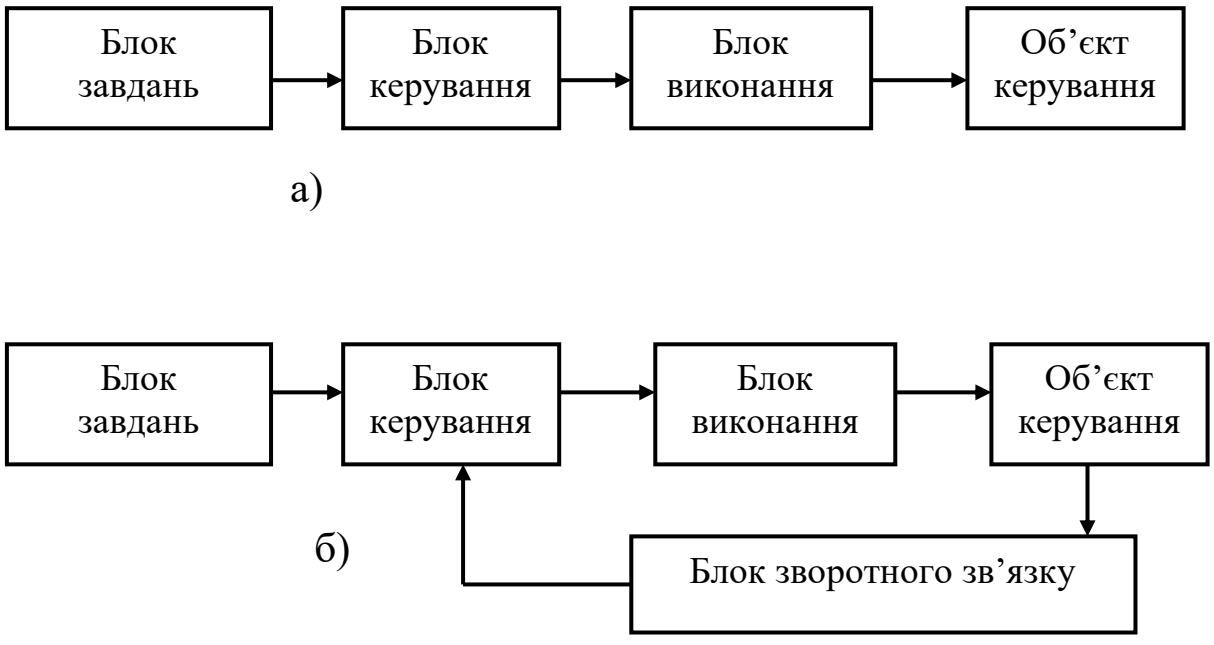


Рис. 1.1. Схеми автоматичної системи керування:
а – з розімкнутим ланцюгом дії, б – із замкнутим ланцюгом

Автоматичною системою з розімкнутим ланцюгом дії називається така система, в якої вхідними є тільки зовнішні дії керуючого пристрою. Ці дії

визначені раніше і не залежать від дійсного стану керуючого об'єкта або процесу. Така система використовується тільки для управління простими процесами, які відбуваються в одних і тих самих умовах і у визначеному порядку.

Автоматичною системою із замкнутим ланцюгом дії називають таку систему, в якій вхідними для керуючого пристрою є як зовнішні, так і внутрішні (контролюючі) дії. Прикладом замкнутої системи може бути автоматична система регулювання. В ній керуючі дії виробляються внаслідок порівняння дійсного значення керуючої величини з наперед заданою. Пристрій, що виюнуе функції регулювання, називається автоматичним регулятором.

Системи автоматичного управління широко застосовуються в усіх галузях промисловості не тільки для управління машинами, верстатами, лініями та іншими транспортними об'єктами, а й для контролю якості обробки деталей та сортування їх.

Для запобігання несправностям, які можуть призвести до аварій, ламання інструментів і устаткування в автоматичних лініях, застосовують засоби автоматичної сигналізації і захисту, які в будь-який час можуть зупинити лінію чи інший об'єкт.

РОЗДІЛ 2. АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА

2.1. Різновиди архітектури інформаційних технологій на виробництві

Існує величезна різноманітність датчиків (температури, вологості, тиску, потоку, швидкості, прискорення, вібрації, ваги, натягнення, частоти, моменту, освітленості, шуму, об'єму, кількості теплоти, струму, рівня і ін.), які перетворять фізичну величину в електричний сигнал. Якщо параметри сигналу не узгоджуються з параметрами входу аналого-цифрового перетворювача (АЦП) або не відповідають стандарту (наприклад, вхідною величиною АЦП є напруга в діапазоні 0...10В, а датчик (термопар) має вихідну напругу в діапазоні від 0 до 100 мВ), то використовують вимірювальний перетворювач (рис. 2.1), який забезпечує нормалізацію сигналу датчика (приведення до стандартних діапазонів зміни, забезпечення лінійності, компенсацію погрішності, посилення і тому подібне). Вимірювальні перетворювачі зазвичай суміщають з модулями аналогового введення.

Вимірювальні перетворювачі можуть мати вбудований АЦП або ЦАП (цифро-аналоговий перетворювач), а також мікропроцесор для лінеаризації характеристик датчика і компенсації погрішностей аналоговій частині системи. Останнім часом набули поширення цифрові датчики, об'єднуючі в собі первинний перетворювач фізичної величини в електричний сигнал, вимірювальний перетворювач і АЦП. Прикладом можуть служити датчики температури DS18B20 фірми Dallas Semiconductor, у яких вихідний сигнал є цифровим і відповідає специфікації інтерфейсу 1-Wire (www.maxim-ic.com).

Для введення в комп'ютер аналогових сигналів служать модулі аналогового введення (рис. 2.1). Модулі введення можуть бути загального застосування (універсальні) або спеціалізовані. Прикладом універсального модуля введення є NL-8AI, який сприймає сигнали напруги в діапазонах ±150мВ ±500мВ ±1В ±5В ±10У і струму в діапазоні ±20мА. Прикладом

спеціалізованого модуля є модуль введення сигналів термопар NL-8TI, який працює тільки з термопарами і містить вбудовані у внутрішню пам'ять модуля таблиці поправок для компенсації нелінійностей термопар і температури холодного спаю.

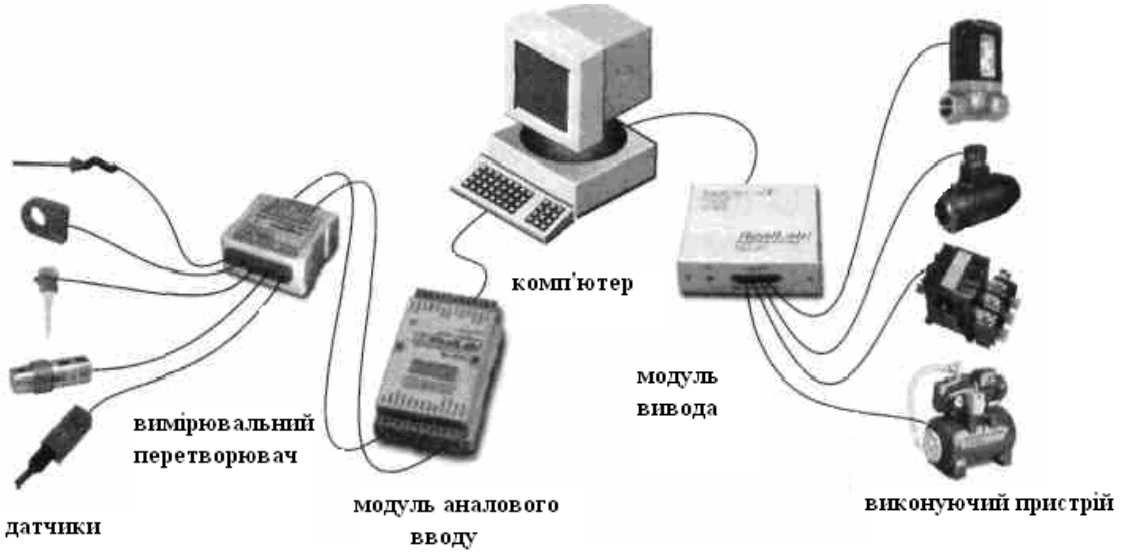


Рис. 2.1. Простий варіант автоматизованої системи з одним комп'ютером, одним пристроєм введення і одним пристроєм виведення

Окрім модулів аналогового введення широко поширені модулі дискретного введення, які не містять АЦП і дозволяють вводити сигнали, два рівні, що мають (наприклад, сигнали від кінцевих вимикачів, датчиків відкриття дверей, пожежних датчиків, охоронних датчиків руху і т. п.). Рівні вхідних сигналів модулів дискретного введення можуть змінюватися в діапазоні, як правило, 0...24В або 0...220В. Модулі з входом 220В використовуються, наприклад, для реєстрації наявності напруги на клемах електродвигуна або нагрівального приладу.

Окреме місце займають пристрої рахункового введення, які мають дискретний вхід і дозволяють рахувати кількість або частоту проходження імпульсів. Їх використовують, наприклад, для вимірювання швидкості обертання валу електродвигуна або підрахунку продукції на конвеєрі.

Комп'ютер зазвичай є «мозком» автоматизованої системи. Він приймає сигнали датчиків, виконує записану в нього програму і видає необхідну інформацію в пристрій виведення. Комунікації між комп'ютером і пристроями введення-виведення виконуються через послідовні інтерфейси, наприклад, USB, CAN, RS-232, RS-485, RS-422, Ethernet або паралельний інтерфейс LPT. Іноді пристрої введення-виведення виконують у вигляді плат, які вставляють безпосередньо в комп'ютер, в роз'єми шини. Перевагою плат є можливість отримання високої пропускної спроможності каналів введення-виведення (понад 10 Мбіт/с), що важко досяжно при використанні зовнішніх пристроїв з послідовним портом. Недоліком є вищий рівень електромагнітних наведень від комп'ютера і конструктивні обмеження на кількість каналів введення-виведення.

У автоматизованих системах замість комп'ютера або одночасно з ним часто використовують програмований логічний контролер (ПЛК). Типовими відмінностями ПЛК від комп'ютера є спеціального конструктивного виконання (для монтажу в стійку, панель, на стіну або в технологічне устаткування), відсутності механічного жорсткого диска, дисплея і клавіатури. Контролери також мають малі розміри, розширений температурний діапазон, підвищену стійкість до вібрації і електромагнітних випромінювань, низьке енергоспоживання, захищені від дій пилу і води, містять сторожовий таймер і плати аналогового і дискретного введення-виведення, мають збільшену кількість комунікаційних портів. У контролерах, на відміну від комп'ютерів, як правило, використовується операційна система реального часу (наприклад, Windows CE, QNX).

Останнім часом спостерігається тенденція стирання грані між комп'ютером і контролером. З одного боку, контролери (наприклад, WinCon фірми ICP DAS) дозволяють підключити монітор, мишу і клавіатуру, з іншого боку, з'явилася велика кількість промислових комп'ютерів, які мають спеціального конструктивного виконання і інші властивості, характерних для контролерів. У зв'язку з цим надалі ми використовуватимемо терміни

«комп'ютер» і «контролер» як синоніми, і з контексту буде ясно який пристрій мається на увазі.

Пристрої виведення (модулі виведення) дозволяють виводити дискретні, частотні або аналогові сигнали. Дискретні сигнали використовуються, наприклад, для включення електродвигунів, електричних нагрівачів, для управління клапанами, фрамугами, насосами і іншими виконавчими пристроями. Частотний сигнал використовується зазвичай для управління середньою потужністю пристроїв з великою інерційністю за допомогою широко-імпульсної модуляції.

Архітектура автоматизованої системи – це найбільш абстрактне її уявлення, яке включає моделі компонентів системи, що ідеалізуються, а також моделі взаємодій між компонентами. Елементи архітектури знаходяться у взаємозв'язку, утворюючи єдину автоматизовану систему і забезпечуючи рішення поставленої задачі автоматизації на архітектурному рівні. В той же час архітектура залишає достатньо свободи для вибору конкретних технічних рішень. Тому правильно спроєктована архітектура допускає безліч технічних реалізацій шляхом вибору різних компонентів архітектури і методів взаємодії між ними.

Елементами архітектури є моделі (абстракції) датчиків, пристроїв введення-виведення, вимірювальних перетворювачів, ПЛК, комп'ютерів, інтерфейсів, протоколів, промислових мереж, виконавчих пристроїв, драйверів, каналів передачі інформації.

Архітектуру створює архітектор. Основною вимогою до архітектора є знання предметної галузі (принципів функціонування об'єкту автоматизації) і знання технічних характеристик апаратних і програмних засобів, використовуваних для побудови системи.

При побудові архітектура повинна бути закладені наступні властивості майбутньої автоматизованої системи:

- *слабка зв'язаність* елементів архітектури між собою (тобто декомпозицію системи на частини слід проводити так, щоб потік інформації

через зв'язки був мінімальний і через них не замикалися контури автоматичного регулювання);

- *тестування* (можливість встановлення факту правильного функціонування);
- *діагностування* (можливість знаходження несправної частини системи);
- *ремонтопридатність* (можливість відновлення працездатності за мінімальний час при економічно виправданій вартості ремонту);
- *надійність* (наприклад, шляхом резервування);
- *простота обслуговування* і експлуатації (мінімальні вимоги до кваліфікації і додаткового навчання експлуатуючого персоналу);
- *безпека* (відповідність вимогам промислової безпеки і техніці безпеки);
- *захищеність* системи від вандалів і некваліфікованих користувачів;
- *економічність* (економічна ефективність в процесі функціонування);
- *модифікування* (можливість перенастроювання для роботи з іншими технологічними процесами);
- функціональна *розширюваність* (можливість введення в систему додаткових функціональних можливостей, не передбачених в технічному завданні);
- *нарощування* (можливість збільшення розміру автоматизованої системи при збільшенні розміру об'єкту автоматизації);
- *відкритість*;
- *можливість переконфігурації* системи для роботи з новими технологічними процесами;
- максимальна *тривалість життєвого циклу* системи без істотного морального старіння, що досягається шляхом періодичного оновлення

апаратних і програмних компонентів, а також шляхом вибору довгоживучих промислових стандартів;

- *мінімальний час на монтаж і пуско-налагодження* (розгортання) системи.

Архітектура системи може бути різній залежно від вирішуваного завдання автоматизації.

Такими завданнями можуть бути:

• моніторинг (тривале вимірювання і контроль з архівацією отриманої інформації);

• автоматичне управління (у системі із зворотним зв'язком або без нього);

• диспетчерське управління (управління за допомогою людини-диспетчера, яка взаємодіє з системою через людино-машинний інтерфейс);

• забезпечення безпеки.

Будь-яке з перерахованих завдань може виконуватися на великій відстані між об'єктом автоматизації і системою. В цьому випадку говорять про завдання телемеханіки (дистанційні вимірювання, управління, сигналізація). Проте у зв'язку з тим, що канали дистанційного зв'язку (Інтернет, радіоканал, оптико-волоконий канал, дротяний канал) органічно входять практично в будь-яку систему автоматизації, завдання телемеханіки все рідше виділяють як самостійну.

Побудова будь-якої АСУВ починається з декомпозиції (ділення на частини) системи на підсистеми. Декомпозиція може бути функціональною (алгоритмічною) або об'єктною.

При об'єктній декомпозиції використовуються розподілені системи управління, коли кожен об'єкт автоматизації обладнався локальним технологічним контролером, вирішальним завдання в межах цього об'єкту. При функціональній декомпозиції систему автоматизації ділять на частини, групуючи схожі функції, і для кожної групи функцій використовують окремий контролер. Обидва види декомпозиції можуть бути використані

спільно. Вибір способів декомпозиції є творчим процесом і багато в чому визначає ефективність майбутньої системи.

Об'єктна декомпозиція об'єкту автоматизації використовується в сучасних SCADA-пакетах. Вона аналогічна об'єктній декомпозиції, використовуваній в об'єктно-орієнтованому програмуванні (ООП), основними ознаками якої є абстрагування, інкапсуляція, модульність, ієрархічна організація. Класам ООП відповідають контролери (ПЛК), об'єктам – контролери із заданими властивостями (параметрами), інкапсуляція відповідає захованню конкретної реалізації (наприклад, за допомогою функціональних блоків мови IEC 61131-3); завдяки інкапсуляції істотно спрощується структура системи з погляду системного інтегратора і тим самим зменшується кількість можливих помилок. Модульність забезпечується модульністю апаратного забезпечення системи, ієрархічність природним чином витікає з вимог замовника.

Незалежно від методу декомпозиції, основним її результатом повинно бути представлення системи у вигляді набору слабо зв'язаних частин. Слабкий зв'язок між частинами системи означає відсутність між ними зворотних зв'язків або малого модуля петлевого посилення за наявності таких зв'язків, а також відсутність інтенсивного обміну інформацією.

Програмні модулі, що реалізовують окремі функції в різних контролерах, можуть взаємодіяти між собою по промисловій мережі за допомогою технології COM фірми Microsoft, CORBA консорціуму OMG або SOAP консорціуму W3C. Для розробки замовленого програмного забезпечення розподілених систем управління використовують спеціальне середовище розробки систем реального часу або стандартне програмне забезпечення на основі технології DCOM фірми Microsoft.

2.2. Розподілені системи автоматизації

Зображена на рис. 2.1 система залежно від її призначення і програмного забезпечення може бути системою збирання даних, системою

диспетчерського або автоматичного управління, системою контролю, випробувань, діагности і так далі Це простий варіант автоматизованої системи, побудованої на основі одного комп'ютера, пристроїв введення-виведення, датчиків і виконавчих пристроїв (актуаторів).

На рис. 2.1 датчики приєднані до одного багатоканального вимірювального перетворювача. Проте різні типи датчиків можуть вимагати різних типів перетворювачів або працювати взагалі без них. Деякі типи інтелектуальних датчиків мають інтерфейс RS-485 і можуть підключатися безпосередньо до комп'ютера (контролеру), як, наприклад, датчики серії NL-1S.

Системи моніторингу (спостереження) за фізичними процесами не містять виконавчих пристроїв або використовують електромагнітні (рідше напівпровідникові) реле для комутації вимірювальних ланцюгів.

Звичайний офісний комп'ютер в стандартній конфігурації має два порти USB, одного COMA-порту, один порт принтера LPT і порт Ethernet, який з'являється після установки в комп'ютер Ethernet-плати. Кількість USB портів можна збільшити за допомогою USB хабів, а кількість COM-ПОРТІВ – за допомогою перетворювача USB в COM. Промислові комп'ютери і контролери зазвичай мають декілька портів RS-485, RS-422 і оптоволоконний порт.

Для застосування оптичного каналу з офісним комп'ютером до нього можна підключити оптоволоконний перетворювач інтерфейсу. Всі перераховані порти можна використовувати для обміну інформацією межу комп'ютером і зовнішніми пристроями (рис. 2.2).

Для збільшення дальності передачі сигналу по лінії зв'язку до 1,2 км. можна використовувати перетворювачі інтерфейсів RS-232 в RS-485 або RS-422, а також інтерфейс «струмова петля».

Зовнішні пристрої, що не мають гальванічно ізольованого порту, зазвичай підключають до комп'ютера через ізолюючі перетворювачі інтерфейсів, які захищають комп'ютер від випадкового попадання високої

напруги у разі аварії або недбалого звернення. Прикладом ізолюючого перетворювача для порту RS-232 може бути оптичний ізолятор 01-232-1000 з напругою ізоляції 1000В.

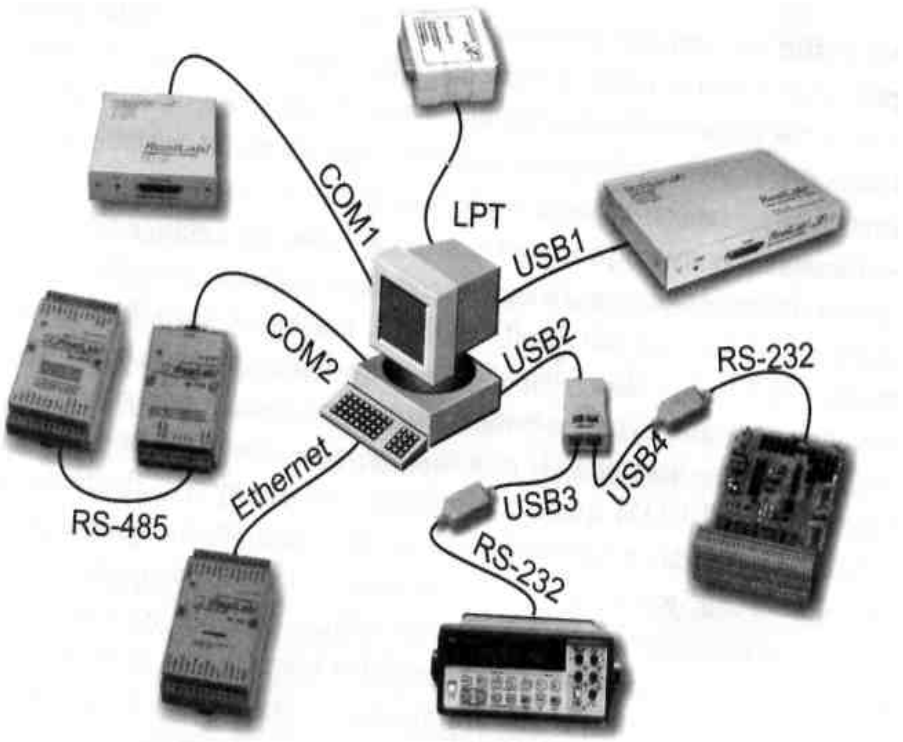


Рис. 2.2. Для підключення пристроїв введення-виведення можуть бути використані всі порти комп'ютера

Якщо до комп'ютера необхідно підключити ще один пристрій, а вільних портів не залишилося, то можна використовувати розгалужувачі інтерфейсів. Поширені розгалужувачі інтерфейсів USB (їх ще називають USB-хабами) і RS-232. Пристрій, що має інтерфейс RS-232, можна підключити до USB-порту комп'ютера, якщо використовувати перетворювач USB в RS-232.

До комп'ютера можуть бути підключені не тільки спеціалізовані модулі введення-виведення, але і багато вимірювальних приладів широкого застосування. Наприклад, вольтметр HP 34401A має інтерфейс RS-232 і може бути підключений до комп'ютера і програм, підтримуючим COM-технологію (наприклад, MS Excel) за допомогою COM-об'єкта RL232man (рис. 2.2).

Типовими застосуваннями описаної системи може бути домашня автоматизація, випробувальний стенд для тестування серійної продукції, лабораторні роботи у вишах, локальне управління технологічним процесом, контроль температури в теплиці або елеваторі.

Із зростанням кількості датчиків, збільшенням площі території, на якій розташована автоматизована система і ускладненням алгоритмів управління стає ефективнішим застосування розподілених систем. Розподілені системи складаються з множини територіально рознесених контролерів і модулів введення-виведення. При такому підході структура розподіленої системи і структура алгоритму її роботи стають подібні до структури самого об'єкту автоматизації, а функції збирання, обробки даних, управління і обчислення виявляються розподіленими серед множини контролерів. Кожен контролер працює зі своєю групою пристроїв введення-виведення і обслуговує певну частину об'єкту управління. Зокрема, технологічне устаткування, як правило, випускається з вже вбудованими ПЛК. Тенденція децентралізації управління і наближення контролерів до об'єктів управління є загальній для всіх систем автоматизації і частково навіяна успіхами об'єктно-орієнтованого програмування. Крім того, зосереджена система є частиною або окремим випадком розподіленою, тому поява розподілених систем є наслідком природного розвитку від часткового до загального.

Розподілену систему управління (РСУ, DCS – Distributed Control System) можна визначити як систему, що складається з множини пристроїв, рознесених в просторі, кожне з яких не залежить від останніх, але взаємодіє з ними для виконання загального завдання. У граничному випадку елементи системи можуть знаходитися на різних континентах земної кулі, а зв'язок між ними може виконуватися через Інтернет. Як «множина пристроїв» можуть виступати будь-які мікропроцесорні пристрої, наприклад ПЛК або рознесені в просторі модулі введення-виведення одного контролера. Проте в останньому випадку тільки збір даних можна розглядати як розподілений, тоді як функція управління є зосередженою в одному контролері.

Максимальні переваги розподіленої системи досягаються, коли контролери працюють автономно, а обмін інформацією між ними зведений до мінімуму.

Розподілена система має наступні характеристики, що відрізняють її від зосередженої:

• більша швидкодія завдяки розподілу завдань між паралельно працюючими процесорами;

• підвищену надійність (відмова одного з контролерів не впливає на працездатність інших);

• велику стійкість до збоїв;

• простіше нарощування або реконфігурація системи;

• спрощену процедуру модернізації;

• велику простоту проєктування, настройки, діагностики і обслуговування завдяки відповідності архітектури системи архітектурі об'єкту управління, а також відносній простоті кожного з модулів системи;

• покращену перешкодостійкість і точність завдяки зменшенню довжини ліній передачі налогових сигналів від датчиків до пристроїв введення;

• менший об'єм кабельної продукції, знижені вимоги до кабелю і нижча його вартість;

• менші витрати на монтаж і обслуговування кабельного господарства.

Розподілена система пом'якшує також вимоги до операційних систем (ОС) реального часу, оскільки завдання розподілені між паралельно працюючими контролерами, на кожному з яких встановлена окрема ОС.

Для ефективного проєктування розподілених систем автоматизації необхідні строгі методи їх опису. Необхідно також забезпечити сумісність і взаємозамінюваність між собою всіх пристроїв, що входять в систему і випускаються різними виробниками. Для цих цілей був розроблений міжнародний стандарт МЕК 61499 «Функціональних блоків для індустріальних систем управління». Він використовує три рівні ієрархії

моделей при розробці розподілених систем: модель системи, модель фізичних пристроїв і модель функціональних блоків. Моделі всіх рівнів відповідно до стандарту представляються у вигляді функціональних блоків, які описують процес передачі і обробки інформації в системі.

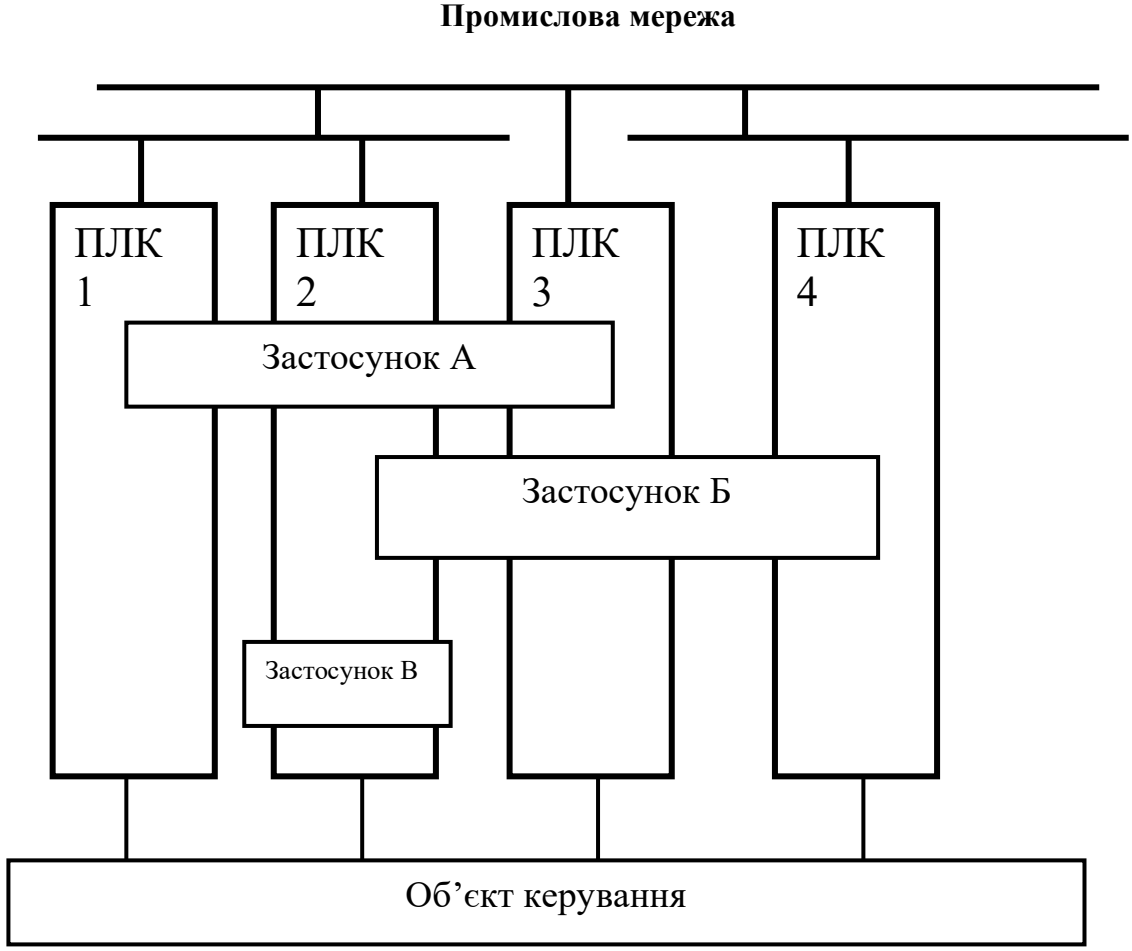


Рис. 2.3. Модель розподіленої системи автоматизації відповідно до стандарту МЕК 61499

Особливістю функціональних блоків стандарту МЕК 61499 є те, що вони враховують не тільки традиційну ініціацію виконання алгоритму за допомогою тактування або часового розкладу, але і за ознакою настання деяких подій (дієве управління). Дієве управління є більш загальним, а тактуюче можна розглядати як його окремий випадок, що полягає в періодичній появі однієї і тієї ж події (тактуючого сигналу).

Функціональні блоки (ФБ) можуть бути використані також для підтримки всього життєвого циклу системи, включаючи проєктування, виготовлення, функціонування, і обслуговування.

Модель розподіленої системи автоматизації відповідно до стандарту МЕК 61499 може бути представлена як набір фізичних пристроїв (наприклад, ПЛК), що взаємодіють між собою за допомогою однієї або декількох промислових мереж (рис. 2.3). Мережі можуть мати ієрархічну структуру.

Функції, виконувані системою автоматизації, моделюються за допомогою програмного забезпечення, яке може розташовуватися в одному пристрої (наприклад, ПЛК), або може бути розподілено між декількома ПЛК. Наприклад, засіб, що виконує підрегулювання, може розташовуватися в трьох пристроях, з яких перший виконує функцію введення даних від датчиків (є модулем введення), другий виконує алгоритм регулювання, третій виконує функцію виведення даних у виконавчий пристрій. Другим прикладом може бути клієнт-серверне ПЗ, в якому клієнт розташований в одному пристрої, сервер – в іншому.

Модель фізичного пристрою. Кожен фізичний пристрій в розподіленій системі повинен містити принаймні один інтерфейс до об'єкту управління або до промислової мережі і може містити декілька (зокрема нуль) ресурсів (рис. 2.4). При цьому пристрій по МЕК 61499 розглядається як конкретний екземпляр певного типу пристроїв, по аналогії з об'єктно-орієнтованим програмуванням. Інтерфейс з об'єктом управління забезпечує відображення даних і подій фізичного процесу (наприклад, аналогових або дискретних сигналів) в ресурси і назад.

У одному пристрої може бути декілька ресурсів і декілька програмних забезпечень. Кожне забезпечення може виконуватися на декількох пристроях (рис. 2.3) і може займати частину ресурсів в одному пристрої (рис. 2.4).

Комунікаційні інтерфейси виконують відображення між ресурсами і промисловою мережею. Вони можуть надавати інформацію ресурсу у вигляді

даних або подій, а також виконувати додаткові функції для підтримки програмування, конфігурації, діагностики і так далі.

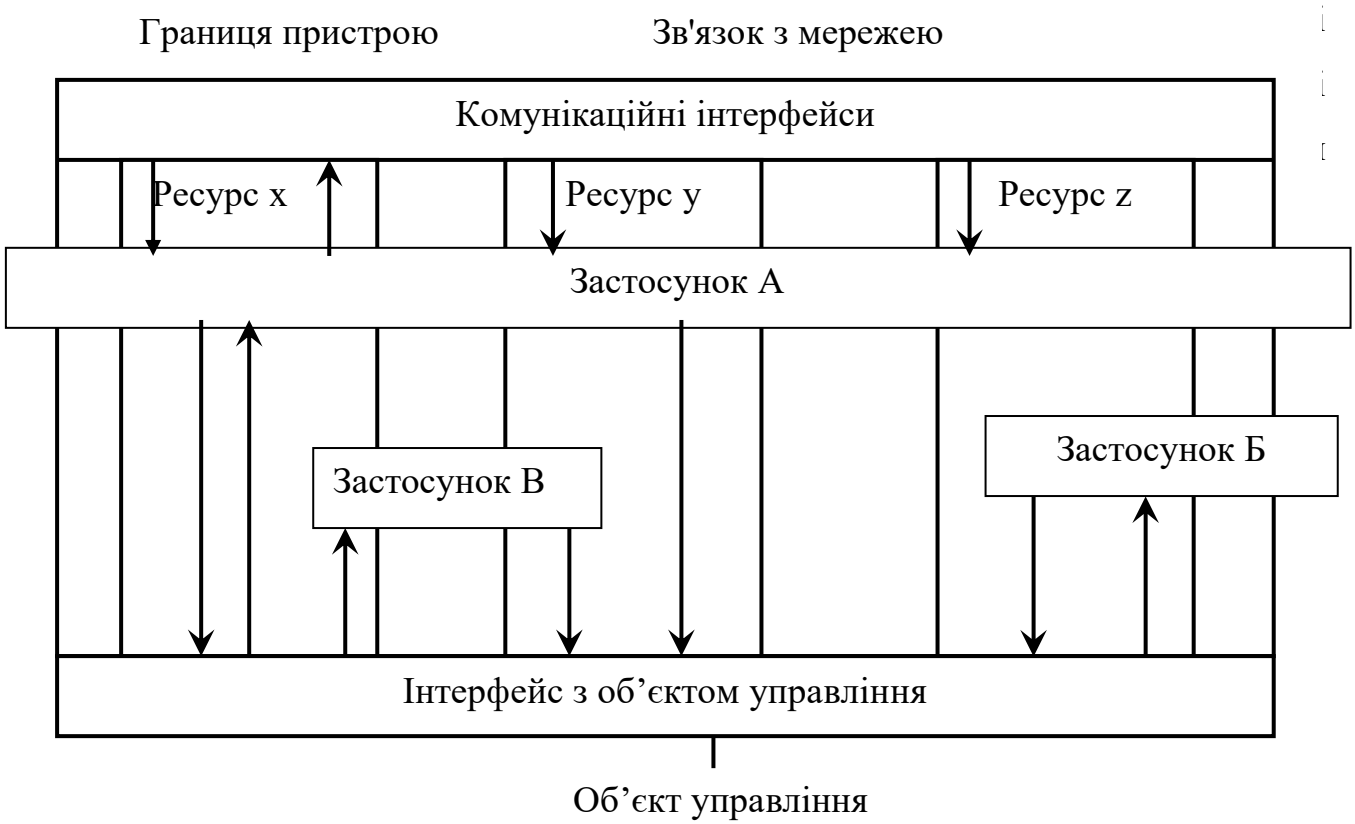


Рис. 2.4. Приклад моделі одного з пристроїв, показаних на рис. 2.3 (наприклад, ПЛК 2) за стандартом МЕК 61499. Стрілками показані потоки даних і подій.

Модель ресурсу. Ресурс розглядається як функціональна одиниця, яка міститься в пристрої (наприклад, в ПЛК), має незалежне управління своїми операціями і забезпечує різні сервісні функції (сервіси) для програмного застосування, включаючи планування і виконання алгоритмів. Ресурс може бути створений, конфігурований, параметризований, стартований, віддалений і тому подібний без дії на інші ресурси пристрою. Прикладом ресурсу може бути пам'ять і час, виділені для виконання завдання в центральному процесорі.

У функції ресурсу входить прийом даних або подій від об'єкту управління або комунікаційного інтерфейсу, обробка даних і подій і

повернення даних і подій в процес або промислову мережу, відповідно до алгоритму роботи програмного забезпечення, що використовує даний ресурс.

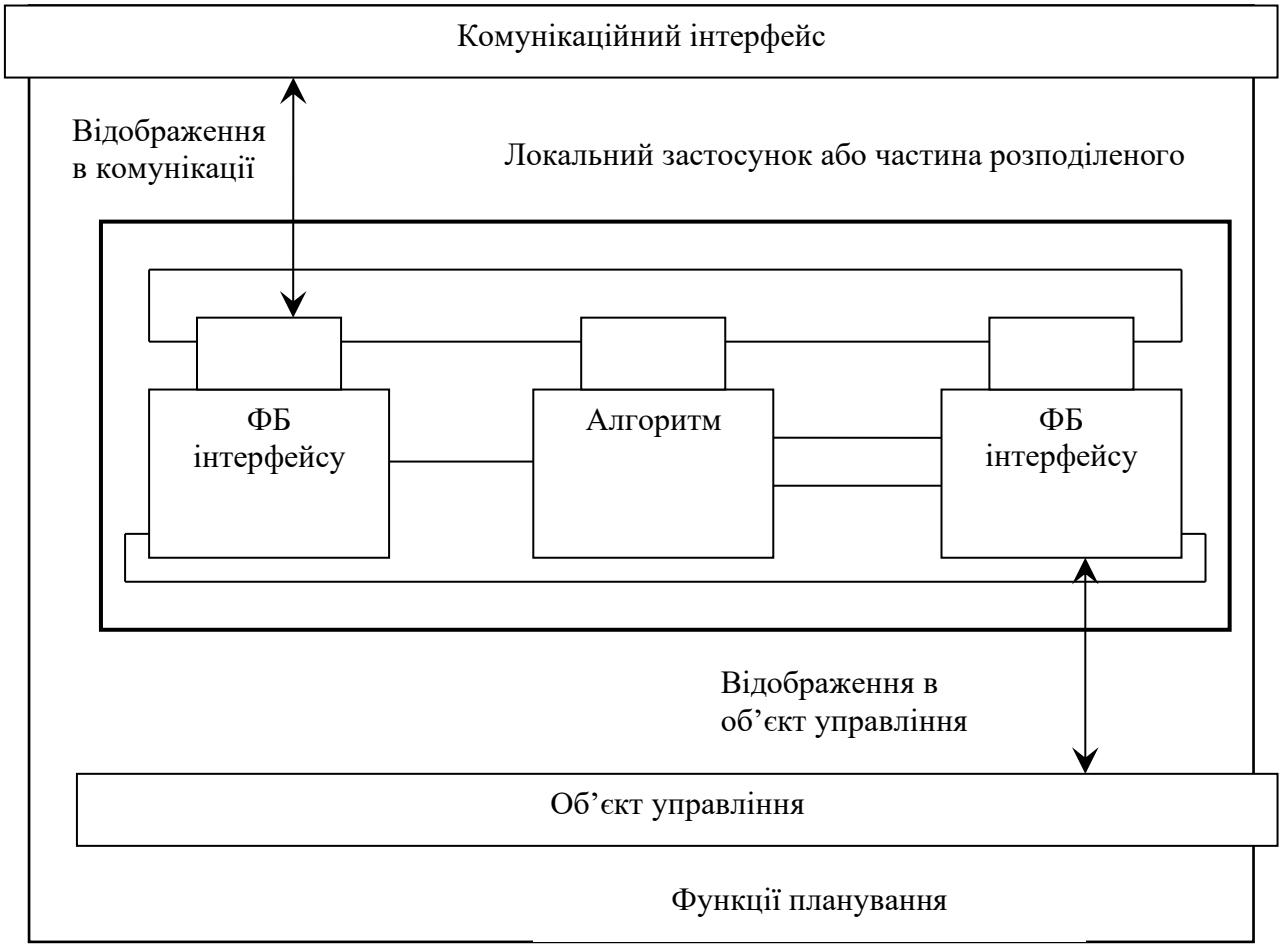


Рис. 2.5. Модель ресурсу розподіленої системи за стандартом МЕК 61499

Відповідно до рис. 2.5, ресурс моделюється наступними елементами:

• локальним застосунком, розташованим в даному фізичному пристрої, або частиною розподіленого застосунку. Дані і події, що обробляються в локальному застосунку, приймаються з входів функціональних блоків (ФБ), які виконують операції, необхідні програмному застосунку;

• відображення подій і даних між програмним застосунком і об'єктом управління виконується функціональним блоком інтерфейсу (рис. 2.5);

• відображення подій і даних між програмним застосунком і комунікаційним інтерфейсом виконується таким же спеціальним

функціональним блоком інтерфейсу (рис. 2.5);

• функція планування виконує передачу інформації і виконання програмного застосунку відповідно до часових вимог і черговості, визначуваної появою подій, взаємодією між функціональними блоками, а також пріоритетами або періодом виконання завдань.

Модель програмного застосунку. Програмний застосунок складається з мережі функціональних блоків, гілки якої переносять дані і події. Потік подій визначає виконання алгоритмів, що містяться у функціональних блоках. До складу функціональних блоків можуть входити і інші програмні застосунки (субзастосунки).

Програмні застосунки можуть бути розподілені між декількома ресурсами в одному або в декількох пристроях (ПЛК). Ресурс реагує на події, що поступають з інтерфейсів, наступними способами:

- плануванням і виконання алгоритму;
- модифікуванням змінних;
- генерацією у відповідь подій;
- взаємодією з інтерфейсами.

Архітектура системи із загальною шиною. Архітектура розподіленої системи промислової автоматизації на основі загальної шини показана на рис. 2.6.

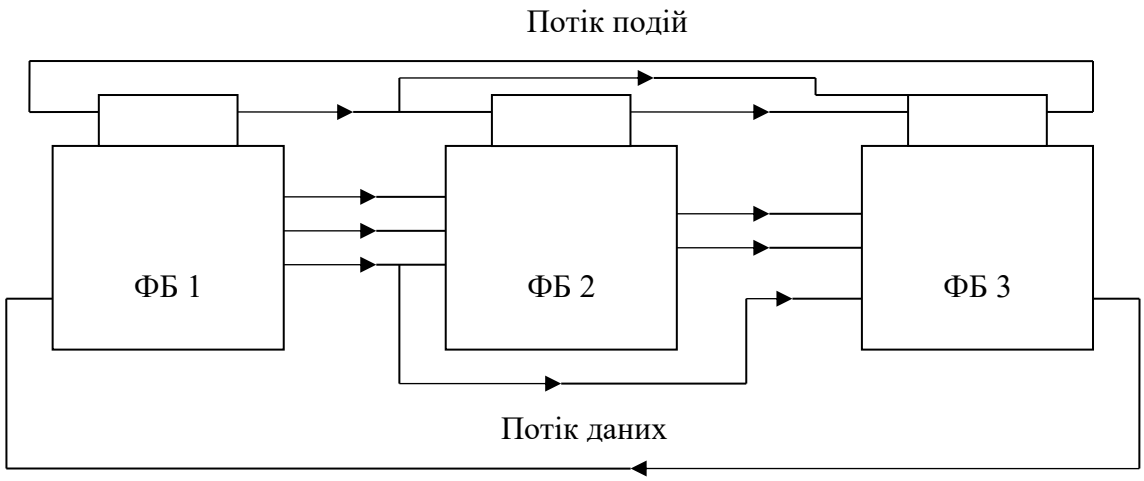


Рис. 2.6. Модель застосування розподіленої системи за стандартом МЕК 61499

Для того, щоб отримати дані з модуля або контролера, комп'ютер (або контролер) посилає в шину його адресу і команду запиту даних. Мікропроцесор, що входить до складу кожного модуля або контролера, звіряє адресу на шині з його власною адресою, записаною в ПЗП, і, якщо адреси співпадають, виконує наступну за адресою команду. Команда дозволяє рахувати дані, пристрої, що поступають на вхід, або встановити необхідні дані на його виході.

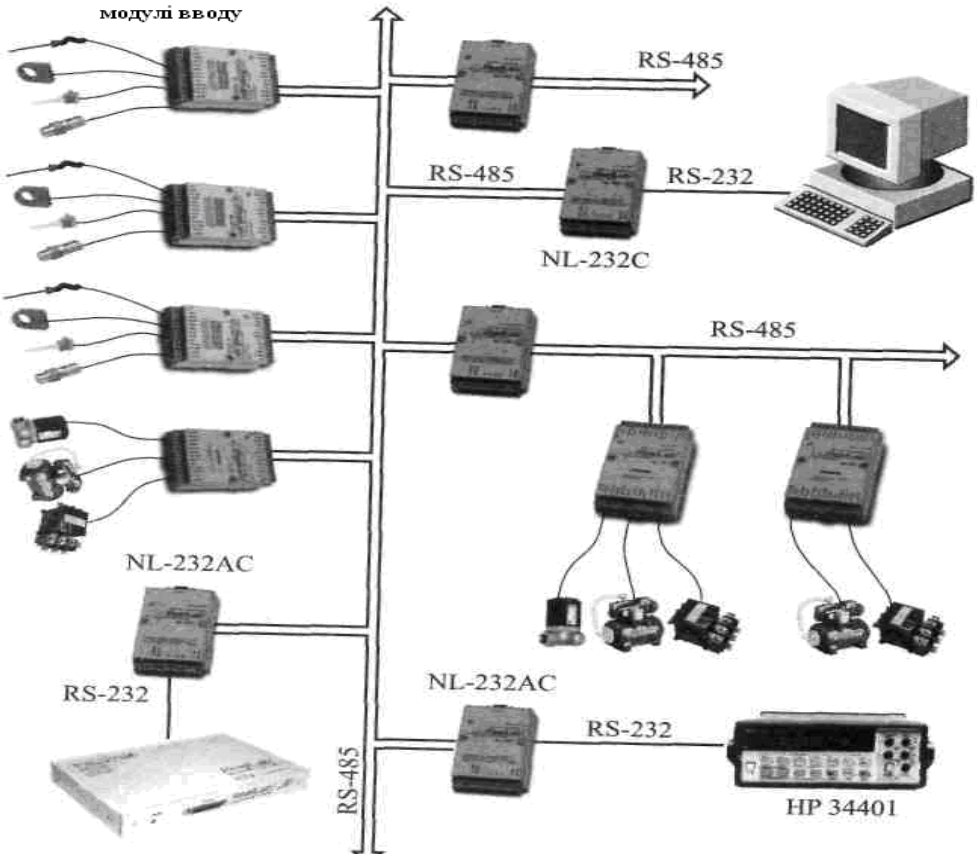


Рис. 2.6.1. Приклад архітектури розподіленої системи збирання даних і управління на модулях RealLab

Розподілена система із загальною шиною породжує дві нові проблеми в порівнянні з топологією «точка-точка» (коли з'єднуються тільки два пристрої, як на рис. 2.6.1): необхідність адресації пристроїв і необхідність очікування в черзі. Додавання адреси в комунікаційний пакет знижує швидкість обміну при коротких повідомленнях, а обмін по загальній шині приводить до того, що кожен пристрій для передачі повідомлення повинен чекати, коли шина стане вільною. Це уповільнює швидкість обміну між

пристроями в порівнянні з топологією «точка-точка». Затримка в мережах з великою кількістю пристроїв стає істотним обмеженням на застосування топології із загальною шиною в деяких застосунках, зокрема у разі ПІД-регулювання, коли затримка в мережі обмежує тактову частоту роботи контура регулювання. Для таких випадків використовують локальні підмережі або локальні технологічні контролери.

Із зростанням кількості датчиків в системі, показаній на рис. 2.6.1, збільшується число і сумарна довжина проводів, що сполучають датчики з пристроєм введення. Це приводить не тільки до зростання вартості кабельного устаткування, але і до проблем, пов'язаних з електромагнітними наведеннями, особливо якщо датчики розподілені за великою площею (наприклад, в промисловій теплиці датчики розподілені за площею близько 6Га, а в елеваторі число датчиків досягає 3...5 тис. шт.). У розподіленій системі модулі введення-виведення виготовляються з невеликою кількістю входів (зазвичай від 1 до 16), а самі модулі розташовуються поблизу місця установки датчиків. Збільшення кількості датчиків (входів) досягається шляхом нарощування числа модулів і об'єднання їх за допомогою загальної шини. Це скорочує загальну довжину проводів в системі, а також довжину проводів з аналоговими сигналами.

Зв'язок окремих пристроїв в розподіленій системі може здійснюватися за допомогою будь-якої промислової мережі. Найбільш поширені в СНД мережі Profibus, що пов'язане з популярністю виробів фірми Siemens, а також мережі Modbus з фізичною шиною RS-485 завдяки поширеності модулів і контролерів фірм ICP DAS, Advantech і НИЛ АП. За останні роки стрімко зросла кількість використовуваних мереж Ethernet (точніше, Industrial Ethernet) як промислові мережі при швидкості передачі 10, 100 і 1000 Мбіт/с.

Деякі модулі введення-виведення, що входять до складу розподілених систем, дозволяють по команді з комп'ютера виконувати функції автоматичного регулювання (наприклад, модулі NL-8TI, NL-16AI). Для цього в них посилають значення установки і параметри ПІД-регулятора

(пропорційний, диференціальний і інтегральний коефіцієнти), потім команду запуску процесу регулювання. Наявність регулятора в модулях розподіленої системи дозволяє здійснити локальне регулювання (наприклад, підтримка стабільної температури в камері тепла і холоду), розвантаживши загальну шину для виконання інших завдань.

Розподілені системи будуються, як правило, з комерційно доступних компонентів (ПЛК, модулів введення-виведення, датчиків, виконавчих пристроїв). Проте для однотипних тиражованих систем може бути вигідно будувати спеціалізовані системи, що складаються з повністю замовлених (знов спроєктованих) апаратних і програмних засобів. Межа доцільності такого підходу визначається об'ємом випуску виробів.

2.3. Багаторівнева архітектура автоматизованої системи

Промислова мережа може бути підключена не тільки до одного комп'ютера, як показано на рис. 2.6, але і до мережі комп'ютерів, наприклад до локальної мережі Ethernet (рис. 2.7) або глобальної мережі «Інтернет».

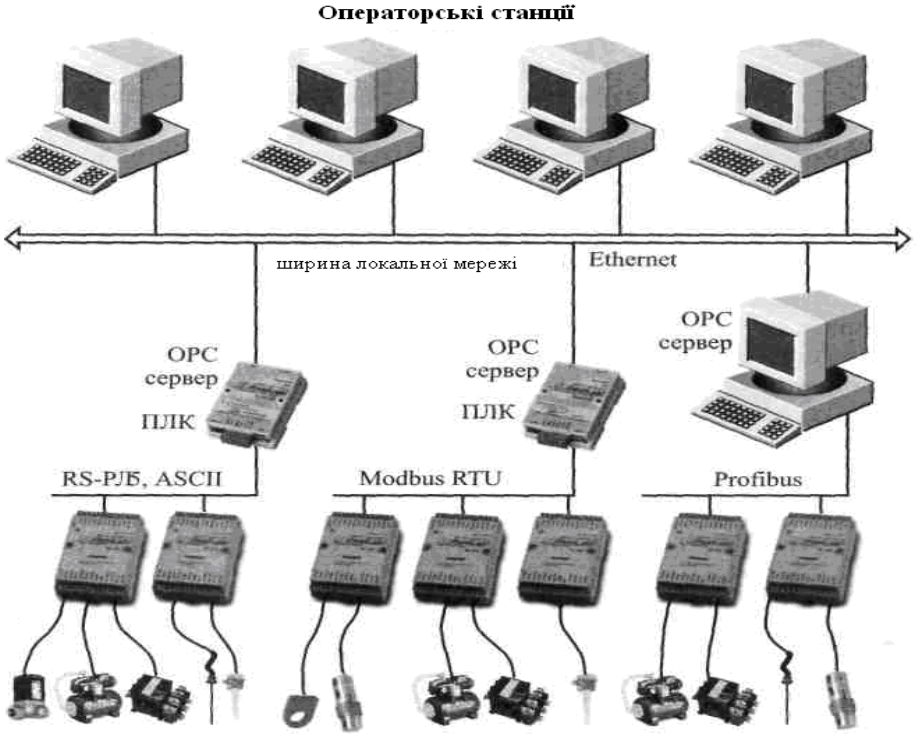


Рис. 2.7. Типова сучасна розподілена система автоматизації, що включає три рівні ієрархії (див. також рис. 2.9)

Така архітектура автоматизованої системи зручна при колективній роботі з системою автоматизації або для зв'язку технологічного рівня АСОВ з управлінським. Наприклад, при використанні системи з архітектурою, показаною на рис. 2.7, температуру в теплиці або в камерах елеватора одночасно можуть спостерігати черговий оператор, головний інженер і директор господарства. На алюмінієвому заводі інформація про хід протікання процесу електролізу алюмінію використовується на 50 робочих місцях локальної комп'ютерної мережі.

Open Platform Communications (раніше OLE for Process Control) це сімейство програмних технологій, що надають єдиний інтерфейс для управління об'єктами автоматизації і технологічними процесами. У загальному випадку, технологія OPC забезпечує одній програмі (OPC Клієнту) доступ до даних процесу іншої програми (OPC Серверу) через стандартний набір інтерфейсів. Ці інтерфейси описуються специфікаціями OPC DA, OPC A&E та OPC HDA.

Отже, доступ з будь-якого комп'ютера мережі до пристроїв введення-виведення або контролерів здійснюється за допомогою OPC-сервера. OPC-сервери можуть розташовуватися на декількох комп'ютерах або контролерах, і доступ до будь-якого з них може здійснюватися з будь-якого комп'ютера мережі. Приклад архітектури такої системи показаний на рис. 2.7. Вона є достатньо загальною і широко використовується як для лабораторної автоматизації, так і для автоматизації технологічних процесів. Окремі промислові мережі можуть мати різні протоколи і містити устаткування різних виробників, а також різне фізичне середовище передачі даних – оптоволокно, мідні дроти, радіоефір (через радіо- або GSM-модеми) і ін.

Зазвичай OPC-сервер працює тільки з одним або декількома портами введення-виведення комп'ютера, до кожного з яких підключена одна промислова мережа, тому кількість OPC-серверів в системі менше або рівно кількості промислових мереж. Завдяки наявності мережі Ethernet в систему легко можуть бути включені сервери баз даних, комунікаційні сервери, веб-

сервери, принтери, плоттери, АТС, факси, технологічне устаткування і інші пристрої з Ethernet-інтерфейсом.

Основою програмного забезпечення, встановленого на комп'ютерах мережі, є SCADA-пакети – програмні засоби диспетчерського управління і збирання даних. У контролерах виконуються завантажувальні модулі програм, що генеруються засобами візуального програмування ПЛК на мовах стандарту МЕК 61131-3.

Системи управління з багаторівневою архітектурою зазвичай будуються за об'єктним принципом, коли структура системи вибирається подібній структурі об'єкту автоматизації, а кожна підсистема є локальною, тобто всі зворотні зв'язки замкнуті в межах цієї підсистеми. Кожна локальна підсистема виконує окрему функцію, що задається логікою функціонування всієї системи. Об'єктний принцип побудови дозволяє спростити проєктування багаторівневої системи і забезпечити її структурну (архітектурну) надійність.

Аналіз складних систем управління дозволяє виділити в них декілька однорідних рівнів ієрархії, показаних на рис. 2.8. Тут WAN (Wide Area Network) – глобальна мережа, LAN (Local Area Network) – локальна мережа.

Нижчий (нульовий) рівень включає датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиск, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, реле-пускачі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи і ін. Датчики і актуатори можуть мати інтерфейси типу AS-інтерфейс (ASI), 1-Wire або CAN, HART і ін. Морально застарілими інтерфейсами нульового рівня є аналогові інтерфейси 4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 В і ін. В даний час намітилася стійка тенденція до використання інтелектуальних датчиків, які мають цифровий інтерфейс, вбудований мікроконтролер, пам'ять, мережева адреса і виконують автоматичне калібрування і компенсацію нелінійностей датчика. Інтелектуальні датчики в межах мережі повинні володіти властивістю взаємозамінюваності, зокрема мати один і той же протокол обміну і фізичний

інтерфейс зв'язку, а також нормовані метрологічні характеристики і можливість зміни адреси перед заміною датчика.

Перший рівень складається з програмованих логічних контроллерів і модулів аналого-цифрового і дискретного введення-виведення, які обмінюються інформацією по промисловій мережі (Fieldbus) типу Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus і ін. Іноді модулі введення-виведення виділяють в окремий рівень ієрархії.

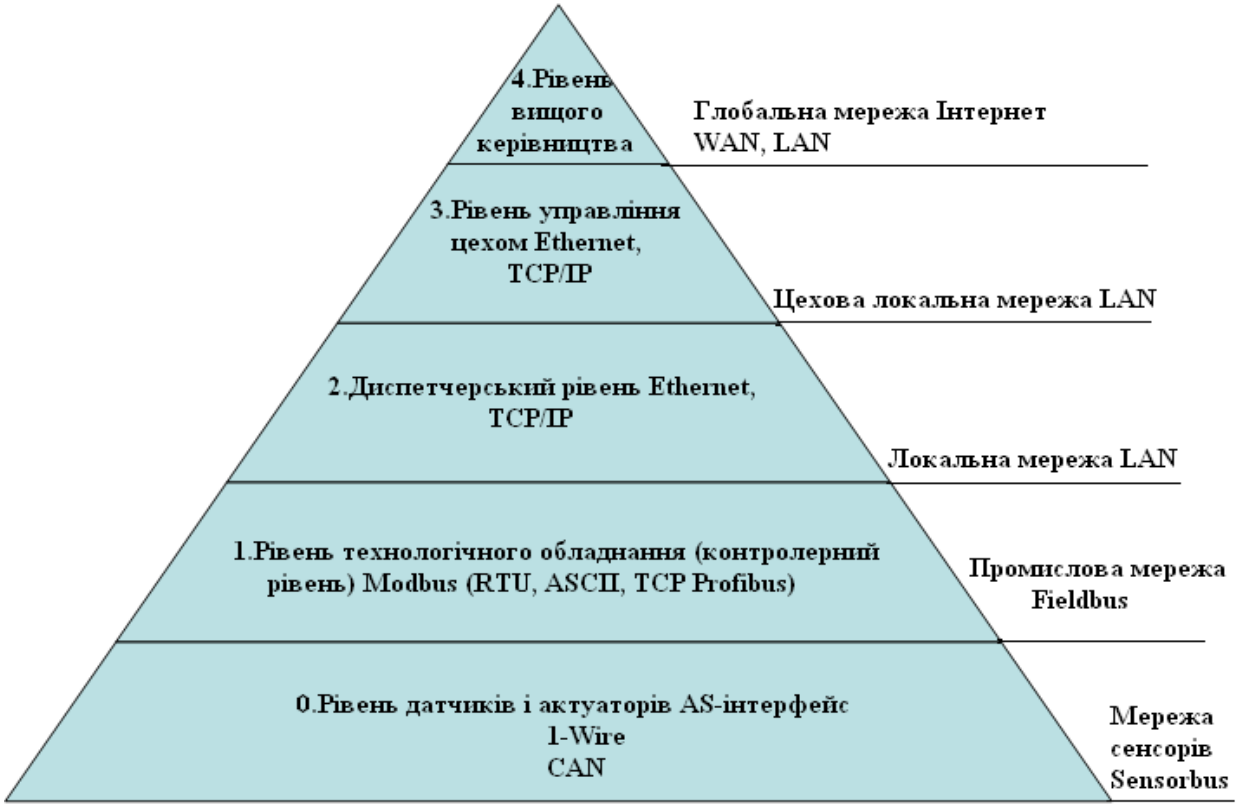


Рис. 2.8. Рівні ієрархії сучасної АСУ

Другий (диспетчерський) рівень складається з робочих станцій – комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (ЛМІ, HMI – Human Machine Interface), найбільш поширеними варіантами якого є SCA-DA-пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління ним за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Диспетчерський комп'ютер виконує також архівацію зібраних даних, записує дії оператора, аналізує сигнали системи технічної діагностики, дані аварійної і технологічної сигналізації, сигнали

спрацьовування пристроїв протиаварійного захисту, а також виконує частину алгоритмів управління технологічним процесом. Завдяки об'єднанню диспетчерських комп'ютерів в мережу спостереження за процесами може бути виконане з будь-якого комп'ютера мережі, але управління, щоб уникнути конфліктів, допускається тільки з одного комп'ютера або функції управління розділяються між декількома комп'ютерами. Права операторів встановлюються засобами обмеження доступу мережевого сервера. Важливою частиною другого рівня є також бази даних реального часу, що є сховищами інформації і засобом обміну з третім рівнем ієрархії системи управління.

Третій рівень (рівень управління цехом) з'являється як засіб інтеграції системи АСУТП з АСУП – автоматизованою системою управління підприємством. АСУП залежно від розмірів корпорації може включати ще вищий (четвертий) рівень і забезпечувати інтеграцію з вищим керівництвом, яке може бути розташоване в різних країнах і на різних континентах земної кулі. На рівні АСУП вирішуються наступні завдання:

• ERP (Enterprise Resource Planning) – планування ресурсів підприємства;

• MRP (Manufacturing Resource Planning) – планування ресурсів технологічних підрозділів підприємства;

• MES (Manufacturing Execution Systems) – управління виробничими ресурсами;

• HRM (Human Resource Management) – управління людськими ресурсами;

• EAM (Enterprise Asset Management) – управління основними фондами, технічним обслуговуванням і ремонтами.

Кількість рівнів АСОВ залежить від величини підприємства. Останніми роками велику зацікавленість викликало використання інтернет-технологій в завданнях управління, причому не тільки на рівні корпоративного управління, але навіть на рівні технологічного устаткування. Для цих цілей

використовуються web-сервери, які можуть бути розташовані як на звичайних персональних комп'ютерах, так і безпосередньо в контролерах або модулях введення-виведення (так звані мікро-web-сервери). За допомогою будь-якого web-браузера, наприклад Internet Explorer, можна управляти технологічними процесами, відкривши на мікро-web-сервері інтернет-сторінку зі схемою технологічного процесу.

2.4. Інтернет-технології та їх застосування у виробництві

Коли частина компонентів системи автоматизації виходить за межі локальної мережі і переходить на рівень глобальної мережі WAN, вартість каналів зв'язку різко зростає унаслідок високих тарифів на телефонну телекомунікацію. У цих умовах найекономічніше вигідним виявляється застосування Інтернету. Вартість його виявляється на порядки нижче завдяки комутації пакетів, а не каналів, що дозволяє істотно поліпшити ефективність використання пропускної спроможності мережі зв'язку.

Другою істотною перевагою застосування інтернет-технологій в АСУТП є можливість використання на комп'ютері диспетчера будь-якого веб-сервера-браузера (наприклад, Internet Explorer), незалежно від його виробника, типу апаратної платформи або операційної системи. Наприклад, комп'ютер диспетчера може працювати під Windows, Linux, Unix, QNX і ін.

Управління і моніторинг через Інтернет привабливі ще тим, що можуть здійснюватися з будь-якої точки земної кулі за допомогою комп'ютера або мобільного телефону (комунікатора). Така можливість особливо важлива для вищого керівництва, яке часто буває у відрядженнях, а також для корпорацій, що мають підрозділи в різних містах або країнах.

Іншими перевагами автоматизованих систем, що використовують Інтернет, є:

• зниження вартості функціонування АСУТП унаслідок віддаленого управління (відсутня необхідність присутності людини на важко доступному

об'єкті);

• зниження вартості обслуговування завдяки віддаленій діагностиці, відладці і оновленню програмного забезпечення через Інтернет – зменшуються витрати на відрядження;

• можливість контролю стану виробничого або технологічного процесу або управління ним через мобільний телефон;

• можливість автоматичного виклику аварійної служби у разі спрацьовування датчиків газу, диму, полум'я, затоплення і т.д.;

• широкий вибір готових (наявних в продажі) технічних рішень, апаратних і програмних продуктів для роботи з Інтернетом.

Цей же підхід може використовуватися і в інтранеті (Інтранет – це локальна мережа, яка містить веб-сервер-сервер і працює за тими ж протоколами, що і Інтернет).

При комутації пакетів, що використовуються в Інтернеті, необхідна проміжна буферизація даних, яка вносить до процесу доставки повідомлень затримку невизначеної величини, а при переповнюванні проміжних буферів можливі втрати даних. Інтернет має також низьку надійність зв'язку і погану захищеність від несанкціонованого доступу.

В даний час активно розробляються методи забезпечення якості обслуговування QOS (Quality of Service), покликані ослабити гостроту перерахованих проблем. Проте невизначеність часу доставки повідомлень і наявність затримки є основними недоліками зв'язку через Інтернет. Частковим вирішенням цієї проблеми в системах моніторингу є посилка даних разом з мітками часу. Синхронізувати мітки можна за допомогою системи GPS (Global Positioning System). Проте це не вирішує проблеми в завданнях з реальним часом, наприклад коли інтернет-канал входить в контур зворотного зв'язку.

Існує достатньо багато галузей, де вказані обмеження не є істотними. Крім того, в правильно спроєктованій розподіленій системі управління інтенсивність інформаційного обміну між її компонентами спадає у міру

видалення компонентів один від одного, досягаючи мінімуму для випадку віддаленого обміну через Інтернет. Зворотні зв'язки в такій системі є тільки локальними, за винятком контура управління з диспетчером, де час доставки повідомлень порівнянний з часом реакції людини.

Прикладом завдання управління, в якому не потрібний гарантований час доставки повідомлень, є дистанційне управління системами вентиляції, кондиціонування і обігріву будівель. У системі встановлюють датчики температури зовнішнього повітря, температури в кімнатах, датчики струму виконавчих пристроїв, датчики вологості, датчики світла, а також виконавчі пристрої для подачі електроенергії в будівлю, для включення/виключення вентиляторів, обігрівачів, кондиціонерів, осушувачів, зволожувачів, припливної вентиляції, вентиляції усередині приміщення.

Найбільш безпечним застосуванням Інтернету є системи моніторингу, наприклад публікація на веб-сервері-сторіночці інформації про параметри технологічного процесу, дії оператора, а також звідних звітів і графіків. Така інтернет-система може бути повністю автономною, оскільки перераховані дані можуть бути узяті безпосередньо з бази даних АСУТП без дії на сам технологічний процес. Можливість роботи з базами даних підтримується всіма сучасними веб-серверами.

Основними компонентами Інтернету є веб-сервери і веб-клієнти (браузери). На жорсткому диску сервера може знаходитися множина вебсайтів або FTP (File Transfer Protocol) каталогів з унікальними адресами URL (Universal Resource Locator). Дані між клієнтом і сервером передаються за допомогою протоколу HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) або FTP. Маршрутизація (передача в потрібному напрямі) даних в Інтернеті здійснюється за допомогою 32-бітової адресації IP (Internet Protocol). Веб-сторінки створюються за допомогою мови розмітки документа HTML (Hyper Text Markup Language) або його розширеній версії XML (extensible Markup Language), а також WML (Wireless Markup Language), який використовується для мобільних телефонів, смартфонів, записників PDA (Personal Digital

Assistant), що працюють з Інтернетом по протоколу WAP (Wireless Applications Protocol).

Зв'язок між клієнтами і серверами Інтернету виконується по телефонних каналах зв'язку, які можуть бути дротяними, оптоволоконними або радіо (зокрема стільниковими). Аналогові канали зв'язку зазвичай мають швидкість передачі інформації не більше 56 кбіт/с, тому використовують цифровий зв'язок ISDN (Integrated System Digital Network) із швидкістю передачі до 128 кбіт/с і DSL (Digital Subscriber Lines) із швидкістю передачі до 8 Мбіт/с. Різновидами DSL є асиметричний цифровий канал ADSL (Asymmetric DSL), в якому дані в одному напрямі (абонентові) передаються з швидкістю до 8 Мбіт/с, а у зворотному напрямі – до 1 Мбіт/с. Іншими модифікаціями DSL є ADSL2+, SHDSL, RDSL, VDSL, що надають різні можливості абонентам. Загальним позначенням різних модифікацій DSL каналів є xDSL.

Безпроводовий доступ в Інтернет можна забезпечити за допомогою стільникових модемів GSM (Global System for Mobile communications), безпровідного Ethernet, званого ще WLAN (Wireless LAN), або Wi-Fi (Wireless Fidelity), устаткування Bluetooth, ZigBee, WiMax, інфрачервоного порту комп'ютера або супутникового зв'язку.

Супутниковий Інтернет забезпечує односторонній зв'язок (прийом інформації від супутника) з дуже високою швидкістю (до 48 Мбіт/с). При цьому інфопередача забезпечується будь-якими іншими видами зв'язку.

Доступ по каналах стільникового зв'язку виконується за допомогою системи пакетної передачі даних GPRS (General Packet Radio Service). Система GPRS забезпечує швидкість передачі в середньому близько 200 кбіт/с і оптимально пристосована для переривистого трафіку, характерного для мереж Інтернет/Інтранет. Вона забезпечує пакетну комутацію на всьому протязі каналу зв'язку, істотно знижуючи вартість зв'язку в мережах стандарту GSM. З'єднання в системі GPRS встановлюється практично миттєво, і вона підтримує всі найпоширеніші мережеві протоколи передачі

даних, зокрема інтернет-протокол IP. Важливою перевагою GPRS в порівнянні з голосовими каналами стільникового зв'язку є те, що плата береться не за час з'єднання, а за об'єм переданої інформації.

Удосконаленням GPRS є система EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution), що дозволяє забезпечити передачу даних з швидкістю до 500 кбіт/с. Реально досяжна середня швидкість передачі даних складає 100... 120 кбіт/с, з піковими значеннями до 230 кбіт/с.

2.5. Принципи управління через Інтернет

Існує два різні способи управління через Інтернет, на основі яких побудований ряд комерційних продуктів: спосіб віддаленого терміналу і спосіб ділення SCADA-пакета на серверну і клієнтську частини.

Віддалений термінал можна уявити собі як подовження проводів миші, клавіатури і монітора за допомогою Інтернету, де візуалізація виконується у вікні веб-сервера-браузера, а на комп'ютер через Інтернет передаються тільки сигнали від миші і клавіатури. Керована програма виконується на віддаленому від користувача комп'ютері, на якому встановлюється спеціалізований веб-сервер-сервер. Прямо з веб-сервера-браузера можна працювати із запущеними на веб-сервері-сервері програмами, з файловою системою і реєстром сервера, запускати програми, контролювати застосунки і служби, встановлювати права доступу до системи, отримувати інформацію про завантаження процесора і оперативної пам'яті.

Прикладами таких програм можуть служити пакети Remotely Anywhere фірми 3am Labs, GoToMyPC і Spy Anywhere.

Віддалений термінал можна використовувати для управління будь-якою програмою, зокрема SCADA. Його недоліком є вимога великої пропускної спроможності ІнТ-каналу, оскільки через Інтернет передається вся інформація, що відображається на екрані віддаленого комп'ютера.

Другий спосіб віддаленого управління через Інтернет заснований на розділенні SCADA-пакета на серверну і клієнтську частини. Клієнтська

частина є веб-сервером-браузером, який проглядає спеціалізовану веб-сторінку, що знаходиться на веб-сервері-сервері. На цій сторінці створюється спеціалізований інтерфейс з графікою і анімацією. Анімація виконується за допомогою JScript, VBScript, Java-аплетів, Flash і анімованих GIF-файлів. Оскільки основна частина візуальної динаміки призначеного для користувача інтерфейсу виконується на клієнтському комп'ютері, а з сервера передаються тільки дані про об'єкт автоматизації, істотно знижуються вимоги до пропускної спроможності інтернет-каналу.

JavaScript або VBScript застосовуються в таких системах для створення динамічних веб-сторінок (з рухом рідини в трубах і тому подібне), для оперативної перевірки правильності дій користувача при заповненні форм до передачі сторінки на сервер, для взаємодії з користувачем при вирішенні таких завдань, які не вимагають звернення до сервера.

Веб-сторінка може сприймати дії користувача, наприклад натиснення кнопок, заповнення форм, і передавати їх серверу. Сервер у відповідь формує нову веб-сторінку з елементами, зміненими відповідно до дій користувача. Виконується це за допомогою CGI-сценарія (Common Gateway Interface), який пишеться зазвичай на мові Perl і розташовується на сервері. Назва «сценарій» або «скрипт» пов'язана з тим, що програма не транслюється у виконуваний код, а виконується безпосередньо, за допомогою інтерпретатора мови. Мова Perl використовується тільки на серверах, що працюють під операційною системою Unix.

Для середовища Windows фірма Microsoft пропонує технологію ASP.NET (Active Server Pages), яка дозволяє створювати веб-сторінки, що знаходяться на сервері і містять код сценаріїв VBScript. Результати виконання сценаріїв VBScript передаються від сервера клієнтові. Технологію можна використовувати на Internet Information Server (IIS), який працює під управлінням Microsoft Windows Server.

Відзначимо, що JScript і VBScript, ACTIVEX, Flash і анімовані GIF виконуються тільки на стороні клієнта без взаємодії з сервером, тоді як CGI і

ASP.NET виконуються на стороні веб-сервера і саме вони витягують дані з OPC сервера або бази даних SCADA-системи щоб відіслати їх клієнтові.

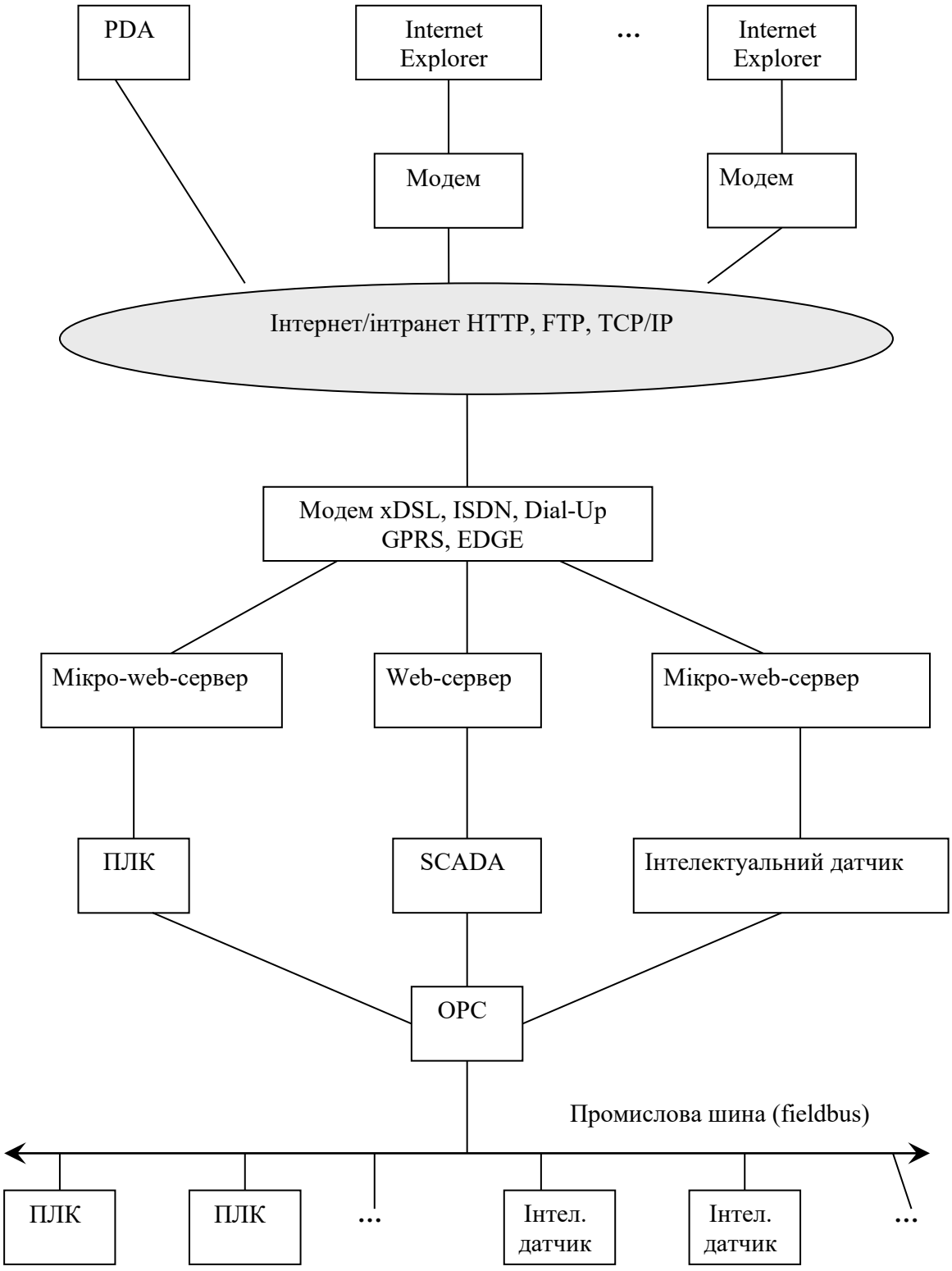


Рис. 2.9. Архітектура автоматизованої системи, що використовує Інтернет

Дані між клієнтом і сервером можуть пересилатися у вигляді повідомлень SOAP (Simple Object Access Protocol), які використовують транспортний протокол HTTP. Повідомлення SOAP використовують гнучку граматику мови XML. SOAP активізує два процеси, які можуть знаходитися на різних комп'ютерах, але взаємодіють один з одним незалежно від програмних і апаратних платформ, на яких вони реалізовані.

Взаємодія між клієнтською і серверною частиною SCADA (рис. 2.9) виглядає таким чином. Коли користувач хоче отримати дані від контролера через Інтернет, він натискає деяку командну кнопку у вікні веб-сервера-браузера. Цей запит посилається серверу через Інтернет у форматі SOAP-повідомлення. Коли веб-сервер-сервер отримує SOAP-повідомлення через TCP-порт 80, запит прямує обробникові скрипта, який також розташовується на веб-сервері-сервері. Веб-сервер-сервіс (Weh service) створює запрошувані дані або передає управління програмі (наприклад, на мові VB.NET), яка спілкується з контролером через OPC-сервер. Отримані таким чином дані викладаються на веб-сторінку, яку бачить користувач за допомогою веб-сервера-браузера. При вході на веб-сервер-сервер операційна система (Windows або Linux) проводить ідентифікацію користувача і надає доступ до інформації відповідно до його прав.

У разі віддаленого управління на основі WAP користувач дістає доступ до керованої системи через мобільний телефон (GSM-модем). WAP підтримується стандартами GSM, TDMA, CDMA, GPRS.

2.6. Мікро-веб-сервери та їх застосування

Веб-сервери для Інтернету зазвичай розташовуються на потужних комп'ютерах і містять жорсткі диски великої ємкості. Проте для віддаленого управління в АСУТП часто досить мати на сервері всього одну нескладну веб-сторінку. Для цієї мети використовують мікро-веб-сервери (вбудовані веб-сервери, Embedded Web Server), виконані у вигляді мікросхеми, яка

розташовується на друкарській платі ПЛК або інтелектуального датчика, в холодильнику, кондиціонері, в офісному устаткуванні і ін. Кожен мікро-веб сервер доступний за своєю інтернет-адресою.

У попередні роки проблемою технічної реалізації мікро веб-серверів була необхідність великої обчислювальної потужності для реалізації протоколу TCP/IP. В даний час з'явилися дешеві однокристальні мікроконтролери фірм Crystal Semiconductor, Winbond, Realtek, Seiko Instruments, молодші моделі мікроконтролерів фірм Microchip (PIC12C509), Atmel (мікроконтролери лінійки Tiny AVR), Fairchild (ACE1101) з вбудованою реалізацією протоколу TCP/IP. Це дозволило застосовувати веб-сервери навіть усередині датчика. Технологію застосування мікро-веб-серверів називають «вбудованим Інтернетом» (Embedded Internet).

Розглянемо систему управління катером через Інтернет. Керованими параметрами є: положення керма, швидкість, стан включено/виключено прожектора і гудка. Положення катера знаходиться за допомогою GPS (Global Positioning System). Контролер з безпровідним Ethernet-інтерфейсом, встановлений на катері, і безпровідна Ethernet-відеокамера обмінюються інформацією по безпровідному Ethernet-радіоканалу з веб-сервером, встановленим неподалеку на персональному комп'ютері. Управління катером може здійснюватися з будь-якої точки земної кулі за допомогою браузера.

Каліфорнійський університет в Берклі (США) розробив САПР виготовлення металевих деталей, яка дозволяє із заготівки вирізувати тіла довільної форми за допомогою стандартних операцій обробки металу. Всі операції виконуються віддалено, через Інтернет. Система включає підсистему моделювання технологічних процесів для оптимізації технологічних режимів обробки. Дистанційно доступні методи оптимізації режимів для фрезерування, свердління, нарізування різьби, проєктування арматури і оцінки якості мастила.

Вхідними даними є геометрія вирізу, засіб вирізування і матеріал, режими роботи машини і типи мастила, вихідними величинами є сили,

моменти, потужність, пружна деформація інструменту, динаміка процесу і шорсткість поверхні. За допомогою відеокамери можна спостерігати процес виготовлення деталі і управляти ним. Доступ до виробничих можливостей через Інтернет виключає необхідність мати власне дороге експериментальне устаткування.

В даний час більшість комерційних SCADA-пакетів мають засіб побудови web-інтерфейса.

2.7. Відкриті системи автоматизації

Одна з найважливіших проблем, що виникають в АСОВ, полягає в різкому збільшенні вартості системи із зростанням її складності. Об'єктивна причина цього явища полягає в тому, що складні системи часто виготовляються в одиничних екземплярах, а це не дозволяє зробити їх дешевими.

Поширений метод вирішення вказаної проблеми полягає у розділенні системи на модулі так, щоб кожен з них ставав комерційно ефективним виробом і міг виготовлятися декількома конкуруючими виробниками у великих кількостях. Проте при цьому виникає проблема апаратної і програмної сумісності модулів. Для досягнення сумісності інтерфейс, конструктив і виконувані функції таких модулів повинні бути стандартизовані.

Відкритою називається модульна система, яка допускає заміну будь-якого модуля на аналогічний модуль іншого виробника, *наявний у вільному продажі за* конкурентноздатними цінами, а інтеграція системи з іншими системами (зокрема з користувачем) виконується без подолання надмірних проблем. Поняття відкритості обговорюється на веб-сайтах OMAC (Open Modular Architecture Controls www.omac.org).

Відкритість можна розглядати на різних рівнях ієрархії програмного і апаратного забезпечення системи або її складових частин. Відкритими, наприклад, можуть бути:

- фізичні інтерфейси, протоколи обміну, методи контролю помилок, системи адресації, формати даних, типи організації мережі, інтерфейси між програмами, діапазони зміни аналогових сигналів;
- призначені для користувача інтерфейси, мови програмування контролерів, команди модулів введення-виведення, що управляють, мови управління базами даних, операційні системи, засоби зв'язку апаратури з програмним забезпеченням;
- конструкційні елементи (шафи, стійки, корпуси, роз'єми, кріпильні елементи);
- системи, що включають перераховані вище елементи.
- Під відкритістю системи іноді розуміють її відповідність сучасним промисловим стандартам, яке забезпечує можливість інтеграції з іншими відкритими системами. Проте поняття відкритості потрібно трактувати ширше: воно повинне мати на увазі, що система не тільки задовольняє стандартам, але стандарт є загальновизнаним, а у вільному продажі є аналогічні системи інших виробників за конкурентноздатними цінами.

Як випливає з визначення, необхідними умовами відкритості є:

- модульність;
- відповідність стандартам (необов'язково офіційним, але обов'язково загальноприйнятим і легко доступним за ціною, компенсуючої тільки витрати на його розробку, підтримку і розповсюдження);
- наявність у вільному продажі аналогічних систем інших виробників (підсистем, модулів) за конкурентноздатними цінами.

Вимога модульності витікає з вимоги можливості заміни частини системи (тобто модуля) аналогічними виробами інших виробників. Для цього система повинна складатися з модулів.

Відповідність стандартам необхідна для забезпечення сумісності. Наявність у вільному продажі і конкурентоспроможність цін є вимогами, витікаючими з практичного аспекту: без виконання цієї умови відкрита система може існувати тільки «на папері».

Поняття відкритості достатньо багатогранне і не стандартизоване. Тому практично можна говорити тільки про ступінь відкритості системи, вказуючи, що саме розуміється під відкритістю у кожному конкретному випадку. Ступінь відкритості можна оцінити кількістю реалізованих її ознак.

Для SCADA-системи ознаками відкритості є сумісність із стандартом OPC, сумісність з широко доступними комп'ютерами з різними операційними системами (бажано), сумісність з ACTIVEX, COM і DLL компонентами інших виробників, підтримка мов стандарту МЕК 61131-3, наявність вбудованої стандартної алгоритмічної мови (наприклад, Visual Basic) для реалізації функцій, які неможливо реалізувати іншими засобами SCADA-пакета, можливість роботи як з малою, так і великою кількістю тегів без необхідності перенавчання обслуговуючого персоналу, можливість застосування веб-сервера-браузера, як призначений для користувача інтерфейс для збільшення кількості робочих станцій, що підключаються, наявність призначеного для користувача інтерфейсу, аналогічного інтерфейсам інших виробників, сумісність із стандартними базами даних і іншими засобами (наприклад, Microsoft Office), розташованими на будь-яких комп'ютерах мережі.

Для промислових мереж відкритість означає наявність у вільному продажі мережевої апаратури від різних виробників за конкурентноздатними цінами, сумісною з відкритими стандартами.

Прикладом відкритих систем є системи, побудовані на модулях і контролерах RealLab), які мають стандартний протокол Modbus RTU або стандартний де-факто протокол DECON, стандартний інтерфейс RS-485, стандартний конструктив (кріплення на ДІН-РЕЙКУ, роз'ємні клемники), стандартні діапазони аналогових сигналів і стандартні рівні дискретних

сигналів, стандартний сервер OPC, що дозволяє використовувати модулі з будь-якою стандартною SCADA. Будь-який модуль в такій системі може бути замінений на модулі інших виробників, яких в даний час налічується близько десятка.

Ідеальним прикладом відкритої системи є сучасний офісний комп'ютер. Величезне число виробників в різних країнах виготовляють безліч апаратних і програмних компонентів, які можна зібрати в єдину систему, замінити один компонент на іншій, наростити функціональні можливості. Будь-який компонент можна знайти за достатньо низькою ціною; відсутні виробники, які могли б диктувати монопольні ціни.

Поняття відкритості не має на увазі відкритого програмного коду, як, наприклад, в ОС Linux, хоча відкритість коду дозволяє додавати в систему модулі інших виробників, що є ознакою відкритості. Проте відкритість початкового коду істотно знижує надійність системи унаслідок потенційної можливості появи в ньому додаткових помилок, внесених під час модифікації і компіляції. Тому відкритість програмного коду є дискусійною ознакою відкритості системи.

На відміну від відкритих, закриті системи розробляються за внутрішніми стандартами окремих підприємств. Частини (модулі) закритих систем не можуть бути замінені аналогічними виробами інших виробників, а замовник, одного разу застосувавши закриту систему, назавжди виявляється прив'язаним до її розробника.

Найбільш докладний і ясний виклад вимог до контролерів з відкритою архітектурою викладений в документі міжнародної організації ISA під назвою «Requirements of Open, Modular Architecture Controllers for Applications in the Automotive Industry» (див. www.isa.org) «Вимоги до контролерів з відкритою модульною архітектурою для застосувань в автомобільній індустрії». З 1994 р. були поширені приватно-фірмові рішення. Це приводило до того, що споживач засобів автоматизації, одного разу купивши виріб однієї фірми, потрапляв в цінову залежність від неї, оскільки

інтерфейси засобів автоматизації різних фірм були різними і їх поєднання різко збільшувало загальну вартість системи. Розширення такої системи було дорогим, а обслуговуючий персонал повинен був проходити додаткове навчання роботі з нестандартним устаткуванням.

Різновидом і граничним випадком відкритих систем є системи, що задовольняють ідеології Plug&Play («вставив– і заграло»), коли взагалі не вимагається зусиль для конфігурації або настройки модулів після їх підключення або заміни на модулі інших виробників. Ідеологія Plug&Play істотно знижує вимоги до кваліфікації системних інтеграторів, скорочує термін введення системи в експлуатацію, а також витрати споживачів на технічну підтримку і експлуатацію.

Відкриті системи володіють наступними позитивними властивостями, завдяки яким системні інтегратори виявляють до них велику цікавість:

- модульність;
- платформенна незалежність;
- взаємозамінюваність з компонентами інших виробників;
- інтероперабельність (можливість спільної роботи) з компонентами інших виробників;
- масштабованість.

Відзначимо, що закриті системи теж можуть бути модульними, інтероперабельними, масштабованими. Відмінність відкритих систем полягає в тому, що всі перераховані властивості повинні виконуватися для компонентів, виготовлених різними виробниками і наявних у вільному продажі.

До систем з відкритою архітектурою пред'являють також загальноприйняті вимоги: економічності, безпеки, надійності, простоти обслуговування і відповідності умовам експлуатації, здібності до самодіагностики і наявності рекомендацій по ремонту. Система повинна забезпечувати максимальний час роботи без збою і відмови, а також

мінімальний час, необхідний для виконання технічного обслуговування або ремонту.

Модульність – це здатність апаратного або програмного забезпечення до модифікації шляхом додавання, видалення або заміни окремих модулів (компонентів системи) без впливу на її частину, що залишилася.

Модульність забезпечується при проєктуванні системи на архітектурному рівні. Базою для побудови модульного програмного забезпечення є об'єктно-орієнтоване програмування. Головним досягненням у напрямі розвитку модульності програмного забезпечення АСУТП є виділення в нім незалежних підсистем: програми в ПЛК, OPC сервера, баз даних, операторського інтерфейсу і алгоритмічної частини, що реалізовується на мовах стандарту IEC 61131-3, а також ділення SCADA на серверну і клієнтську частини.

Платформенна незалежність. Можливість виконання програм на різних апаратно-програмних платформах забезпечує незалежність від постачальника цих платформ і дає наступні переваги:

• розширення вибору устаткування шляхом збільшення числа постачальників;

• незалежність від постачальника апаратного і програмного забезпечення. Відсутність цих властивостей приводить до того, що система, залежна від одного виробника, припиняє свій розвиток у випадках, коли фірма-виробник раптово йде з ринку, збільшує вартість продукту або знімає його з виробництва.

Застосування ОС Windows є одним з шляхів підвищення відкритості систем, оскільки ця операційна система може бути встановлена на максимальне число типів вироблюваних комп'ютерів. У даному випадку монополія фірми Microsoft компенсується її розмірами і стабільністю.

Платформенну незалежність програмних засобів і, як наслідок, підвищення відкритості забезпечує також мова Java, хоча вона і поступається C++ за швидкодією виконань.

Для поліпшення відкритості при компіляції виконуваних модулів програм важливо уникати «поліпшень» компілятора, застосування плагінів, надбудов, викачаних «звідкись з Інтернету», оскільки вони можуть зробити неможливим виконання програми на інших платформах.

Важливим кроком на шляху забезпечення платформенної незалежності з'явилося застосування інтранет-технологій в автоматизації, коли передача інформації до робочої станції здійснюється за допомогою мови HTML, а її представлення користувачеві виконується за допомогою будь-якого веб-сервера-браузера. Веб-сервер-браузер дозволяє, як робоча станція АСУТП, використовувати комп'ютер і операційну систему будь-якого виробника з наявних у вільному продажі.

Платформенною незалежністю володіє також база даних з мовою запитів SQL (Structured Query Language), якщо виключити з нього по можливості всі нестандартні розширення. Доступ до бази даних за допомогою SQL здійснимо незалежно від програмно-апаратної платформи, на якій вона знаходяться.

Взаємозамінюваність – це можливість заміни будь-якого модуля (компоненту) системи на аналогічний компонент іншого виробника, наявний у вільному продажі, і можливість зворотної заміни. Ця властивість дозволяє прискорити заміну модуля, що відмовив, поліпшити якість вже працюючої системи, виключити цінову залежність від постачальника.

Інтероперабельність (апаратно-програмна сумісність).

Інтероперабельність – це здатність відкритих систем використовувати програми, що виконуються одночасно на різних платформах в загальній мережі, з можливістю обміну інформацією між ними. Інакше кажучи, програмні компоненти системи, розташовані на різних апаратних платформах в загальній мережі, повинні бути здатні працювати як частина єдиної системи.

Інтероперабельність важко досяжна, але вона забезпечує можливість вибирання апаратних і програмних засобів з величезної різноманітності,

представленої на ринку, замість обмеженого вибору компонентів монопольного виробника закритої системи.

Відкрита інтероперабельна система повинна мати здатність комунікації і з іншими рівнями АСОВІ підприємства, забезпечуючи одночасно безпеку інформації, що поступає ззовні.

Одним з методів забезпечення інтероперабельності Windows і Unix платформ може бути застосування стандарту CORBA (Common Object Request Broker Architecture).

Масштабованість – це можливість застосування одного і того ж апаратного і програмного забезпечення (баз даних, призначених для користувача інтерфейсів, засобів комунікації) для систем різного розміру (великих і малих). Для забезпечення масштабованості досить, щоб програмне забезпечення великих і малих систем було сумісне по операторському інтерфейсу, мовам програмування, а також інтерфейсу з апаратними засобами і не вимагало додаткового навчання персоналу. Масштабована система повинна забезпечувати можливість простого нарощування функціональних можливостей і розмірів шляхом включення нових компонентів як в апаратну, так і програмну частину системи без модифікації старих, випробуваних програмних і апаратних модулів.

Масштабованість дозволяє застосовувати одні і ті ж апаратні і програмні засоби як для великих, так і для малих систем в межах однієї організації. Прикладом масштабованих програмних систем є сучасні SCADA-пакети TraceMode і MASTERSCADA, які продаються як єдиний пакет, але мають градації залежно від кількості тегів.

До появи відкритих систем забезпечення масштабованості досягалося шляхом проєктування системи з великим запасом по габаритах, кількості слотів, інтерфейсів. Нарощування відкритої системи має на увазі інший шлях, що не вимагає запасу ресурсів (і пов'язаних з ним надмірних фінансових вкладень). Зокрема, система, що володіє властивістю платформенної незалежності і інтероперабельності, вже є розширюваною,

оскільки вона дозволяє додавати нове устаткування або замінювати старе новими модифікаціями, зокрема устаткуванням інших виробників.

Стандартність призначеного для користувача інтерфейсу. Відкриті системи повинні мати стандартний призначений для користувача інтерфейс, щоб виконати вимогу про можливість інтеграції з іншими системами (в даному випадку під «іншою системою» розуміється людина). Стандартизація призначеного для користувача інтерфейсу знімає необхідність навчання операторів при переході від однієї відкритої системи до іншої.

Для забезпечення можливості побудови відкритих систем ринок повинен бути наповнений програмними і апаратними засобами, які є взаємозамінними, проводяться незалежними підприємствами і задовольняють вимогам загальноприйнятих стандартів.

Промислові мережі і протоколи. Найбільш поширеними є мережі Modbus, Profibus, CAN, Ethernet. Устаткування, сумісне з ними, випускається сотнями конкуруючих підприємств в різних країнах світу, що забезпечує відсутність монопольних цін.

Інтерфейси. Найбільша частина засобів промислової автоматизації, мають інтерфейси RS-232, RS-485, RS-422, CAN, Ethernet, USB. Велике значення для підвищення ступеня відкритості мають перетворювачі інтерфейсів і міжмережеві шлюзи, які дозволяють об'єднувати в єдину систему несумісну за інтерфейсами і протоколами устаткування.

Програмні інтерфейси. Для взаємодії відкритих систем на програмному рівні найбільшого поширення набула DCOM-технологія фірми Microsoft, що стала промисловим стандартом OPC (OLE for Process Control), який прийшов на зміну застарілої технології DDE (Dynamic Data Exchange). Стандарт OPC забезпечив можливість застосування устаткування різних виробників практично з будь-якими SCADA, що є на ринку, оскільки більшість з них підтримує стандарт OPC.

Аналогічне завдання може бути вирішена також за допомогою технології Jini фірми SUN і CORBA фірми OMG, проте втілення в

міжнародний стандарт OPC отримала тільки технологія DCOM, орієнтована на Windows-платформи**.**

Інтерфейс користувача. Інтерфейс між SCADA і користувачем в даний час виконується приблизно одними і тими ж візуальними засобами, які стали стандартом де-факто: кнопки пуск/стоп, цифрове табло, лінійний або радіальний індикатор рівня, колірна сигналізація, вікна з текстовими повідомленнями, вікна введення даних, графіки і тому подібне Такий інтерфейс легко освоюється операторами АСОВІ ТП.

Програмування контролерів підтримується трьома міжнародними стандартами: стандартом МЕК 61131-3 на мови програмування і стандартами МЕК 61499 і МЕК 61804 на функціональні блоки. Стандарти підтримуються більшістю виробників програмного забезпечення. Прикладом можуть бути системи ISaGRAF фірми ICS Triplex і CoDeSys фірми 3S. Підтримку відкритості забезпечують також конвертори блоків UML (Unifid Modeling Language) у функціональні блоки стандарту МЕК 61499, а також UML в xml (Xtended Markup Language).

Останніми роками з'явилися багато SCADA-систем, які підтримують веб-сервер-технологію, коли призначений для користувача інтерфейс SCADA виконується у вигляді веб-сторінки і розташовується на сервері локальної мережі. При цьому будь-який користувач, що володіє достатніми правами доступу, за допомогою стандартного веб-сервера-браузера (наприклад, Internet Explorer) може управляти технологічним процесом. Такий підхід є значним прогресом у напрямі відкритості SCADA-пакетів, оскільки надає користувачеві широкий вибір добре валідованих веб-браузерів за достатньо низькою ціною і забезпечує застосування практично будь-якої апаратно-програмної платформи для спілкування з SCADA.

Програмна сумісність. Важливою перевагою SCADA-пакетів, що підвищує ступінь їх відкритості, є зв'язок з програмами Microsoft Office (Word, Excel, Access), яка знижує витрати на навчання персоналу і розширює можливості уявлення і обробки результатів вимірювань.

Сумісність баз даних з SCADA забезпечує широко поширений мову запитів SQL, відповідну міжнародному стандарту і підтримуваний декількома СУБД (системами управління базами даних), наприклад Informix, Sybase, Ingres, MS SQL Server. Інтерфейс ODBC (Open Data Base Connectivity) дозволяє підключати до однієї і тієї ж SCADA різні СУБД, що підвищує ступінь її відкритості.

Забезпечення в деяких SCADA-пакетах можливості програмування на мові Visual Basic, а також можливість вбудовування ACTIVEX і COM об'єктів сторонніх виробників дозволяє адаптувати SCADA до апаратури, що не підтримує стандарт OPC, а також застосувати принцип повторного використання програмного коду, написаного для інших застосувань.

Основною перевагою систем з відкритою архітектурою є низька вартість їх життєвого циклу. Життєвий цикл АСУТП складається з наступних фаз:

- розробка концепції, ескізне проєктування і виготовлення системи;
- монтаж, пуско-наладка, експлуатація та обслуговування системи;
- реконфігурація, модернізація, розбирання, утилізація.

Перевагою застосування відкритих систем є:

- знижені вкладення на проєктування системи і передпроєктні дослідження завдяки наявності на ринку великого вибору готових компонентів відкритих систем. Особливо великий економічний ефект досягається при створенні крупних систем в одиничних екземплярах. В цьому випадку економія пропорційна розміру системи;
- спрощення процесу інтеграції – відкритість має на увазі можливість простій інтеграції різнорідних систем;
- економія фінансових коштів завдяки низькій вартості життєвого циклу (в основному унаслідок конкуренції незалежних виробників і відсутності диктату цін монопольним постачальником);
- збільшений час безвідмовної роботи завдяки вибору найбільш надійних модулів з тих, що є на ринку;

• мінімізований час вимушеного простою завдяки великому вибору взаємозамінних модулів завжди можна знайти постачальника, що має потрібні модулі на складі;

• мінімальні зусилля на введення в дію як апаратури, так і програмного забезпечення завдяки усуненню часу на додаткове навчання як монтажної організації, так і експлуатуючого персоналу;

• проста зміна конфігурації системи для роботи з новими технологічними процесами – витікає з властивостей модульності і розширюваності відкритих систем;

• мінімальний об'єм додаткового навчання персоналу і, як наслідок, простота обслуговування;

• застосування новітніх технологій і технічних рішень завдяки широкому вибору якнайкращих рішень і спеціалізації виробників;

• збільшення часу життя системи завдяки взаємозаміні відпрацьованого ресурсу на нове устаткування, а також можливості нарощування функціональних можливостей.

Недоліки відкритих систем видно не відразу. Та все ж вони є:

• при створенні автоматизованої системи на базі відкритих рішень відповідальність за працездатність системи в цілому лягає на системного інтегратора, а не на виробника системи. Тому при появі в системі неполадок нікому пред'явити претензії, оскільки постачальників багато, а системний інтегратор відповідає тільки за монтаж і пусконаладку системи;

• універсальність завжди знаходиться в суперечності з простотою. Універсальні протоколи, інтерфейси, мережі і програмне забезпечення, щоб бути універсальними, повинні бути достатньо складними, отже, дорогими і ненадійними. Хоча зниження надійності, викликане складністю, компенсується підвищенням надійності завдяки великому тиражу і, отже, продовженням відладки після початку продажів;

• ефект зниження надійності програмного забезпечення, частини якого пишуться різними виробниками. Коли ПЗ пишеться усередині однієї фірми,

можна передбачати майже всі ситуації, які можуть виникнути на межі між ПЗ і користувачем або апаратурою. Якщо ж в цьому беруть участь декілька різних команд в різних фірмах, між якими немає взаємодії, то стає незрозуміло, хто відповідає за надійність всього комплексу. Крім того, із зростанням числа програмістів, що беруть участь в створенні ПЗ, за законами статистики збільшується вірогідність того, що з'явиться хоч би один програміст, що не уміє писати надійні програми. А це досить, щоб зробити всю систему ненадійною. Надійність і безпека відкритих систем залишаються темами, що вимагають рішення;

• іноді до ознак відкритості відносять відкритість початкових кодів. Проте наявність відкритих кодів знижує надійність програмної системи, оскільки порушується принцип інкапсуляції, необхідність якого обґрунтована в ідеології об'єктно-орієнтованого програмування;

• як і будь-яка стандартизація, відкритість накладає обмеження на діапазон можливих технічних рішень, утрудняючи творчість і знижуючи вірогідність появи нових і плідних технічних рішень.

Відзначимо, що проблема надійності відноситься не до всіх компонентів відкритих систем. Наприклад, такі компоненти, як бази даних, комп'ютери або мережі Ethernet, володіють високою надійністю завдяки величезному тиражу і, як наслідок, якісною валідації цих компонентів і оптимізації процесів виготовлення. Вище перераховані чинники, що знижують надійність відкритих систем. Проте одночасно є чинники, які її підвищують, – це збільшений тираж модулів відкритих систем в порівнянні з низьким тиражем повністю замовлених систем. Тому висновок про надійність відкритої системи може бути як позитивним, так і негативним, залежно від конкретного складу її елементів.

Синтез архітектури є відповідальним етапом, на якому закладаються основні властивості майбутньої системи. Тому архітектор повинен однаково добре знати як об'єкт автоматизації, так і технічні та ПЗ автоматизації.

Найбільше розповсюдження в АСУТП отримали розподілені системи, елементи яких (контролери, модулі введення-виведення) рознесені в просторі, незалежні один від одного, але взаємодіють між собою для виконання загального завдання. Система зазвичай має декілька рівнів ієрархії, які розрізняються типами промислових мереж, технічними засобами і довкола вирішуваних завдань. Перспективною тенденцією є застосування Інтернет і інтранет-технологій, які забезпечують можливість побудови глобальних систем, коли відстань перестає мати значення, а для роботи з системою використовується будь-який інтернет-браузер.

У останнє десятиліття на ринку засобів автоматизації переважають відкриті модульні системи, які відповідають загальновизнаним стандартам і складаються з компонентів, що серійно випускаються декількома конкуруючими виробниками.

2.8. Web-портал представлення і аналізу виробничих даних

Інформаційна система сучасного підприємства повинна забезпечувати всіх користувачів точними і несуперечливими оперативними технологічними даними. Окрім цього необхідно підтримувати ефективні методи адміністрування і розширюваності інформаційних потоків. Ці цілі можна досягти, зосередивши функції збирання і зберігання даних реального часу в рамках загального ресурсу. У світовій практиці широко застосовується рішення, коли інформаційний обмін між бізнес-рівнем і автоматизованими системами управління проводиться з використанням єдиного сховища виробничих даних.

Синтез архітектури є відповідальним етапом, на якому закладаються основні властивості майбутньої системи. Тому архітектор повинен однаково добре знати як об'єкт автоматизації, так і технічні і програмні засоби автоматизації.

Найбільше розповсюдження в АСУТП отримали розподілені системи, елементи яких (контролери, модулі введення-виведення) рознесені в просторі, незалежні один від одного, але взаємодіють між собою для виконання загального завдання. Система зазвичай має декілька рівнів ієрархії, які розрізняються типами промислових мереж, технічними засобами і колом вирішуваних завдань. Перспективною тенденцією є застосування Інтернет/Інтранет-технологій, які забезпечують можливість побудови глобальних систем, коли відстань не має значення, а для роботи з системою використовується будь-який Інтернет-браузер.

У останні десятиліття на ринку засобів автоматизації переважають відкриті модульні системи, які відповідають загальновизнаним стандартам і складаються з компонентів, що серійно випускаються декількома конкуруючими виробниками.

Розглянемо в якості прикладу інформаційний Web-портал для представлення і аналізу виробничих даних Proficy (Proficy Proficy Real-Time Information Portal).

У комплексному вирішенні Proficy такого роду ядром системи і платформою для побудови ІС підприємства є архів виробничих даних – Proficy Historian, що вирішує завдання збирання, обробки і зберігання даних від різних джерел.

У базу даних сервера Proficy Historian збираються дані від всіх АСУТП, систем збирання даних, обліку енергоресурсів, лабораторного і ручного введення, а також необхідна інформація з сервера АСУП. Така централізація даних реального часу і історії дозволяє забезпечити всіх клієнтів інформаційного поля підприємства єдиними узгодженими даними про хід технологічного процесу і вирішувати аналітичні завдання по його оптимізації.

У сучасних системах автоматизації, окрім рівня технологічного управління (АРМ-І операторів), зазвичай організовується рівень представлення даних реального часу для головних фахівців і керівників

підрозділів. Для них розробляються застосунки, що надають спеціалізовану за запитами фахівців виробничу інформацію, що полегшує сприйняття, аналіз і ухвалення управлінських рішень.

Для цілей представлення даних реального часу найбільш простим, гнучким і в той же час універсальним і сучасним рішенням є застосування Web технологій.

Proficy Real Time Information Portal (RTIP) – інформаційний Web-портал для надання і аналізу виробничих даних з різних джерел: історичних архівів, реляційних баз даних, SCADA-систем, OPC-серверів і ін. Робочі місця головних фахівців і адміністрації забезпечуються уніфікованими «тонкими» RTIP Web клієнтами.

RTIP забезпечує персоналізований доступ до виробничих даних у вигляді мнемосхем, трендів і звітів, перегляд яких здійснюється користувачами у вікні інтернет-браузера.

Організовані таким чином робочі місця не вимагають спеціального супроводу і порівняно просто адаптуються під персональні умови роботи, що відкривають широкі перспективи для їх застосування виробничими інженерними службами.

Proficy RTIP є простим у використанні і в той же час потужним за можливостями пакетом, що дозволяє істотно скоротити витрати на впровадження Web-застосунків для автоматизації виробничої діяльності.

Це забезпечується мінімальними навичками для впровадження і низькими витратами для підтримки системи в період експлуатації. При цьому забезпечується широкий спектр можливостей за доступом, візуалізації і аналізу історичних, оперативних і реляційних даних з використанням звичайного браузера MS Windows.

Для вирішення завдань оперативного управління виробництвом використовуються модулі Proficy Plant Applications, які забезпечують інтеграцію і узагальнення даних, що поступають з виробничих систем, дозволяють виявляти істотні виробничі події і проводити експертний аналіз.

Пакет має модульну архітектуру і забезпечує вирішення наступних завдань:

- управління виробничими процесами (модуль Production);
- контроль виконання операцій;
- відстежування виконання графіків замовлень за випуском продукції в режимі реального часу;
- перегляд «історії» виробництва продукту за етапами (від сировини до кінцевого продукту).
- аналіз ефективності виробництва (модуль Efficiency) – відстежування і класифікація втрат продукції;
- простоїв устаткування;
- моніторинг продуктивності;
- контроль і аналіз працездатності устаткування;
- контроль якості (модуль Quality) – аналіз даних вимірювань якості продукції в режимі реального часу на основі інформації, що поступає з виробничого рівня.
- аналіз виробництва партій продукції (модуль Batch Analysis) – порівняння характеристик виконаних і поточних партій в режимі реального часу.

Proficy Plant Applications дозволяє відстежувати зміну ключових показників виробництва в режимі реального часу, допомагає отримати чітке розуміння процесів, що відбуваються на виробництві, і підвищити ефективність управління.

Таким чином, комплексне вирішення Proficy забезпечує в оперативному режимі головних фахівців підприємства всією необхідною інформацією про виробництво. При такому підході забезпечується повна прозорість процесу виробництва і досягаються наступні цілі:

- підвищуються якість ведення технологічних процесів і надійність функціонування систем автоматизації;

- знижуються експлуатаційні витрати на обслуговування систем управління;
- підвищуються ефективність виробництва і якість продукції, що випускається;
- знижуються втрати, питомі норми витрат матеріалів і енергоресурсів;
- знижується кількість простоїв і аварій устаткування;
- істотно скорочуються трудовитрати на аналіз виробничої інформації і вироблення управлінських рішень;
- підвищуються якість і оперативність методів управління виробництвом.

Розділ 3. ТЕХНІЧН ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

3.1. Програмовані логічні контролери

Слово «контролер» походить від англійського control (управління), а не від «контроль» (облік, перевірка). Контролером в системах автоматизації називають пристрій, що виконує управління фізичними процесами по записаному в нього алгоритму з використанням інформації, що отримується від датчиків і виводиться у виконавчі пристрої.

Перші контролери з'явилися на рубежі 60-х і 70-х років в автомобільній промисловості, де використовувалися для автоматизації складальних ліній. У той час комп'ютери коштували надзвичайно дорого, тому контролери будувалися на жорсткій логіці (програмувалися апаратно), що було набагато дешевше. Проте переналаштування з однієї технологічної лінії на іншу вимагало фактично виготовлення нового контролера. Тому з'явилися контролери, алгоритм роботи яких міг бути змінений дещо простіше – за допомогою схеми з'єднань реле. Такі контролери отримали назву програмованих логічних контролерів (ПЛК), і цей термін зберігся до теперішнього часу. Скрізь нижче терміни «контролер» і «ПЛК» ми вживатимемо як синоніми.

Трохи пізніше з'явилися ПЛК, які можна було програмувати на машинно-орієнтованій мові, що було простіше конструктивно, але вимагало участі спеціально навченого програміста для внесення навіть незначних змін до алгоритму управління. З цієї миті почалася боротьба за спрощення процесу програмування ПЛК, яка привела спочатку до створення мов високого рівня, потім – спеціалізованих мов візуального програмування, схожих на мову релейної логіки. В наш час цей процес завершився створенням міжнародного стандарту IEC (МЕК) 1131-3, який пізніше був перейменований в МЕК 61131-3. Стандарт МЕК 61131-3 підтримує п'ять мов

технологічного програмування, що виключає необхідність залучення професійних програмістів при побудові систем з контролерами, залишаючи для них вирішення нестандартних завдань.

У зв'язку з тим, що спосіб програмування є найбільш істотною класифікуючою ознакою контролера, поняття «ПЛК» все рідше використовується для позначення контролерів, що управляють, які не підтримують технологічні мови програмування.

З появою потужних і дешевих мікроконтролерів у 1972 р. ринок ПЛК почав рости експоненціально і за період з 1978 по 1990 рр. збільшився з 80 млн дол. до 1 млрд дол. і до 2002 р. склав 1,4 млрд дол. В наш час світовий ринок ПЛК продовжує рости, хоча і набагато меншими темпами. Проте останнє зауваження не відноситься до країн СНД, де події змінюються дуже швидко у зв'язку з відродженням економіки, появою вітчизняних виробників і системних інтеграторів, а також величезними інвестиціями міжнародних корпорацій в економіку країн СНД.

ПЛК використовуються практично у всіх сферах людської діяльності для автоматизації технологічних процесів, в системах протиаварійного захисту і сигналізації, у верстатах з ЧПУ, для управління дорожнім рухом, в системах життєзабезпечення будівель, для збирання і архівації даних, в системах охорони, в медичному устаткуванні, для управління роботами, в системах зв'язку, при постановці фізичного експерименту, для управління космічними кораблями, для автоматизації випробувань продукції і так далі Проте до цих пір залишається багато галузей економіки, куди контролерна автоматизація тільки починає проникати.

Згідно Інтернет-опитування проведеному журналом Control Engineering (www.controlengrussia.com) спільно з Reed Research, велика частина опитаних використовує ПЛК в завданнях управління верстатами. На другому місці – завдання, пов'язані з управлінням технологічними процесами, далі йде управління переміщеннями і завдання діагностики. Найчастіше контролери

використовують для вирішення власних завдань (54%), рідше для виробництва устаткування для продажу (25%) або для того і іншого (17%).

Контролери використовуються не тільки як автономні засоби локального управління технологічним установками, але і у складі широкомасштабних систем автоматизованого управління підприємствами.

В наш час на українському ринку переважають контролери іноземних фірм: Siemens, Mitsubishi, ABB, Schneider Electric, GE Fanuc.

Розповсюдженню ПЛК у великій мірі сприяє зростання комп'ютерної письменності інженерів, спецкурси у вишах, безліч курсів підвищення кваліфікації, що проводяться провідними системними інтеграторами.

Жорсткі обмеження на вартість і величезну різноманітність цілей автоматизації привели до неможливості створення універсального ПЛК, як це трапилося з офісними комп'ютерами. Область автоматизації висуває безліч завдань, відповідно до яких розвивається і ринок, що містить сотні несхожих один на одного контролерів, що розрізняються десятками параметрів. Кожен виробник випускає декілька типів ПЛК різної потужності і вартості, щоб збільшити прибуток за рахунок сегментації ринку.

Вибір оптимального для конкретного завдання контролера ґрунтується зазвичай на відповідності функціональних характеристик контролера вирішуваному завданню за умови мінімальної його вартості. Враховуються також інші важливі характеристики (температурний діапазон, надійність, бренд виробника, наявність дозволів технагляду, сертифікатів і ін.).

Не дивлячись на величезну різноманітність контролерів, в їх розвитку помітні наступні загальні тенденції:

- зменшення габаритних розмірів та зниження ціни;
- розширення функціональних можливостей;
- збільшення числа підтримуваних інтерфейсів і мереж;
- використання ідеології «відкритих систем»;
- використання мов програмування стандарту МЕК 61131-3;.

Ще однією тенденцією є поява в контролерах ознак комп'ютера (наявність миші, клавіатури, монітора, ОС Windows, можливості підключення жорсткого диска), а в комп'ютерах – ознак контролера (розширений температурний діапазон, електронний диск, захист від пилу і вологи, кріплення на DIN-рейку, наявність сторожового таймера, збільшена кількість комунікаційних портів, використання ОС жорсткого реального часу, функції самотестування і діагностики, контроль цілісності прикладної програми). З'явилися комп'ютери в конструктивах для жорстких умов експлуатації. Апаратні відмінності між комп'ютером і контролером поступово зникають. Основними ознаками контролера залишаються його призначення і наявність технологічної мови програмування.

3.1.1. Типи ПЛК

Для класифікації величезної різноманітності контролерів, що існують в наш час, розглянемо їх істотні відмінності.

Основним показником ПЛК є число каналів введення-виведення. За цією ознакою ПЛК діляться на наступні групи:

- нано-ПЛК (менше 16 каналів);
- мікро-ПЛК (більше 16, до 100 каналів);
- середні (більше 100, до 500 каналів);
- великі (більше 500 каналів).

За розташуванням модулів введення-виведення ПЛК бувають:

• моноблочними, в яких пристрій введення-виведення не може бути видалене з контролера або замінене на інше. Конструктивно контролер є єдиним цілим з пристроями введення-виведення (наприклад, одноплатний контролер). Моноблочний контролер може мати, наприклад, 16 каналів дискретного введення і 8 каналів релейного виведення;

• модульні, такі, що складаються із загальної корзини (шасі), в якій розташовуються модуль центрального процесора і змінні модулі введення-виведення. Склад модулів вибирається залежно від вирішуваного завдання.

Типове число слотів для змінних модулів – від 8 до 32;

• розподілені (з віддаленими модулями введення-виведення), в яких модулі введення-виведення виконані в окремих корпусах, з'єднуються з модулем контролера по мережі (зазвичай на основі інтерфейсу RS-485) і можуть бути розташовані на відстані до 1,2 км. від процесорного модуля.

Часто перераховані конструктивні типи контролерів комбінуються, наприклад моноблочний контролер може мати декілька знімних плат; моноблочний і модульний контролери можуть бути доповнені віддаленими модулями введення-виведення, щоб збільшити загальну кількість каналів.

Багато контролерів мають набір змінних процесорних плат різній продуктивності. Це дозволяє розширити круг потенційних користувачів системи без зміни її конструктиву.

За *конструктивним виконанням* і способом кріплення є контролери:

• панельні (для монтажу на панель або дверці шафи);

• для монтажу на DIN-рейку усередині шафи;

• для кріплення на стіні;

• стоєчні – для монтажу в стійці;

• безкорпусні (зазвичай одноплатні) для застосування в спеціалізованих конструктивах виробників устаткування (OEM – Original Equipment Manufacturer).

За *областю застосування* контролери діляться на наступні типи:

• універсальні загальнопромислові;

• для управління роботами;

• для управління позиціонуванням і переміщенням;

• комунікаційні та ПІД-контролери;

• спеціалізовані.

За *способом програмування* контролери бувають:

• програмовані з лицьової панелі контролера;

• програмовані переносним програматором;

• програмовані за допомогою дисплея, миші і клавіатури;

• програмовані за допомогою персонального комп'ютера.

Контролери можуть програмуватися на мові МЕК 61131-3, використовуються також мови З, C#, Visual Basic і можуть містити в своєму складі модулі введення-виведення або не містити їх. Прикладами контролерів без модулів введення-виведення є комунікаційні контролери, які виконують функцію міжмережевого шлюзу, або контролери, які одержують дані від контролерів нижнього рівня ієрархії АСОВ ТП.

3.1.2. Архітектура ПЛК

Архітектурою контролера називають набір його основних компонентів і зв'язків між ними. Типовий склад ПЛК включає центральний процесор, пам'ять, мережеві інтерфейси і пристрої введення-виведення (рис. 3.1). Іноді ця конфігурація доповнюється пристроєм для програмування і пультом оператора, пристроями індикації, рідше – принтером, клавіатурою, мишею або трекболом.

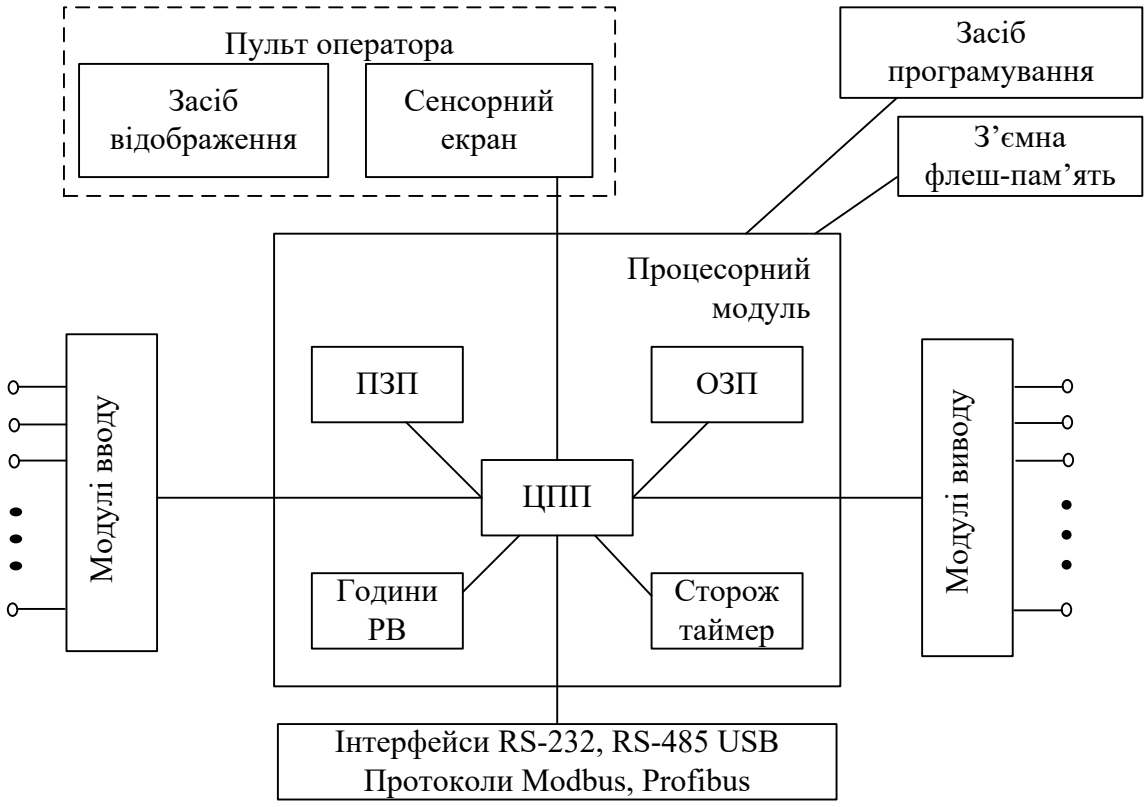


Рис. 3.1. Типова архітектура ПЛК.

Процесорний модуль включає мікропроцесор (центральний процесорний пристрій – ЦПУ), що запам'ятовують пристрої, годинник реального часу і сторожовий таймер. Терміни «мікропроцесор» і «процесор» в наш час стали синонімами, оскільки всі процесори, що знов випускаються, виконуються у вигляді СБІС, тобто є мікропроцесорами.

Основними характеристиками *мікропроцесора* є розрядність (у ПЛК використовуються 8-, 16- і 32-розрядні мікропроцесори), тактова частота, архітектура, наявність операцій з плаваючою крапкою, типи підтримуваних портів введення-виведення, температурний діапазон працездатності і споживана потужність.

Продуктивність мікропроцесорів з однією і тією ж архітектурою пропорційна тактовій частоті. Більшість контролерів використовують мікропроцесори з скороченим набором команд (RISC – Reduced Instruction Set Computing), в яких використовується невелика кількість команд однакової довжини і велика кількість регістрів. Скорочений набір команд дозволяє будувати ефективніші компілятори і конвеєр процесора, здатний за кожен такт видавати результат виконання чергової команди.

Для контролерів, що виконують інтенсивну математичну обробку даних, важлива наявність математичного співпроцесора (допоміжного процесора, що виконує операції з плаваючою крапкою) або сигнальних процесорів, в яких операції типу $Y = AB + X$ виконуються за один такт. Сигнальні процесори дозволяють прискорити виконання операцій згортки або швидкого перетворення Фурье.

Ємність пам'яті визначає кількість змінних (тегів), які можуть бути оброблені в процесі функціонування ПЛК. У мікропроцесорах час доступу до пам'яті є одним з істотних чинників, що обмежують швидкодію. Тому пам'ять ділять на декілька рівнів ієрархії залежно від частоти використання що зберігаються в ній даних і швидкодії.

Ієрархія пам'яті відноситься до істотних характеристиками архітектури процесора, оскільки вона дозволяє понизити негативний вплив повільної

пам'яті на швидкодію мікропроцесора. Основними типами пам'яті є постійний пристрій (ПЗП), що запам'ятовує, оперативний пристрій (ОЗП), що запам'ятовує, і набір регістрів. Регістри є самими швидкодіючими елементами пам'яті, оскільки вони використовуються арифметико-логічним пристроєм (АЛП) для виконання елементарних команд процесора. ПЗП використовують для зберігання рідко змінної інформації, такої, як операційна система, драйвери пристроїв, завантажувач, виконуваний модуль програми користувача. ОЗП використовується для зберігання даних, які багато разів змінюються в процесі роботи контролера, наприклад значення тегів, результати проміжних обчислень, діагностична інформація, масиви, що виводяться на графіки, дані для відображення на дисплеї.

Як ПЗП (або ROM – Read Only Memory) зазвичай використовується електрично стирана перепрограмована пам'ять (EEPROM – Electrically Erasable Programmable ROM). Різновидом EEPROM є флеш-пам’ять, принцип дії якої заснований на зберіганні заряду в конденсаторі, утвореному плаваючим затвором і підкладкою МОП-транзистора. Особливістю флеш-пам’яті є її незалежність, тобто збереженість даних при вимкненому живленні. Стирання і перезапис у флеш-пам’яті виконується не окремими осередками, а великими блоками, тому вона отримала назву, що походить від англійського «flash», – «спалах». Недоліком всіх ПЗП є низька швидкодія.

Кількість циклів запису інформації у флеш-пам’ять обмежена і складає декілька десятків тисяч разів. По конструктивного виконання і інтерфейсів флеш-пам’ять підрозділяється на Compact Flash (CF), Memory Stick, Secure Digital (SD), MuliMediaCard (MMC), RS-MMC, SmartMedia Card (SMC), USB-flash. Флеш-пам’ять може бути упаяна в друкарську плату або бути знімною.

Як ОЗП сучасні мікропроцесори використовують статичну пам'ять (SRAM – Static Random Access Memory) і динамічну (DRAM – Dynamic Random Access Memory), SDRAM (Synchronous DRAM). SRAM виконується на тригерах, інформація в яких зберігається необмежено довго за наявності живлення. У динамічній пам'яті інформація зберігається на конденсаторах, і

тому DRAM вимагає періодичної регенерації (перезарядки конденсаторів). До недоліків тригерної пам'яті відноситься її висока вартість, пов'язана з низькою щільністю компоновки тригерів на кристалі, і мале відношення ємкості до ціни. Перевагою є висока швидкодія, що досягає гігагерца, тоді як пам'ять на конденсаторах не може працювати на частотах вище за сотні герц. Обидва типи пам'яті (DRAM і SRAM) не можуть зберігати інформацію при відключенні живлення ПЛК. Тому деякі типи ПЛК використовують батарейне живлення пам'яті для збереження працездатності системи автоматизації після короткочасного переривання живлення.

Моноблочні і модульні контролери використовують, як правило, паралельну шину для обміну даними з модулями введення-виведення, що дозволяє на порядок підвищити швидкодію їх опиту в порівнянні з послідовною шиною. Паралельні шини можуть бути стандартними (ISA, PC/104, PCI, COMACTPCI, VME, CXM) або часктовофірменими. Послідовна шина контролера (на основі інтерфейсу RS-485) використовується для підключення до нього віддалених (розподілених) модулів введення-виведення.

Програмування контролерів малої потужності виконується за допомогою кнопок, розташованих на лицьовій панелі або за допомогою переносного пульта для програмування. Як пульт останнім часом використовується комп'ютер формату «ноутбук». Програмування потужних контролерів виконується за допомогою персонального комп'ютера, на якому встановлюється спеціальне програмне забезпечення, наприклад CoDeSys або ISaGRAF, що виконує трансляцію технологічної мови стандарту МЕК 61131-3 у виконуваний код процесора, який завантажується в ПЗП ПЛК, наприклад, через порт Ethernet.

Сторожовим таймером (Watchdog Timer – WDT) є лічильник, який рахує імпульси тактового генератора і в нормальному режимі періодично скидається (перезапускається) працюючим процесором. Якщо процесор «зависає», то сигнали скидання не поступають в лічильник, він продовжує

вважати і досягши деякого порогу виробляє сигнал «Скидання» для перезапуску «завислого» процесора.

Годинником реального часу (РЧ) є кварцовий годинник, який харчується від батареї і тому продовжує йти при вимкненому

ПЛК. Годинник РЧ використовується, наприклад, для управління вуличним освітленням залежно від часу доби, в системах охорони об'єктів і у випадках, коли необхідна прив'язка даних або подій до астрономічного часу.

Процесорний модуль ПЛК виконує наступні завдання:

• збирає дані з модулів введення в пам'ять і посилає дані з пам'яті в модулі виведення;

• виконує обмін даними з пристроєм для програмування контролера;

• видає мітки годинника реального часу;

• здійснює обмін даними з промисловою мережею;

• реалізує стек протоколів промислової мережі (для цієї мети можуть використовуватися допоміжні комунікаційні процесори);

• виконує початкове завантаження і виконання операційної системи;

• виконує завантажувальний модуль призначеної для користувача програми системи автоматизації;

• управляє актами обміну з пам'яттю.

Одній з тенденцій в розвитку ПЛК є використання процесорних модулів різної потужності для одного конструктиву контролера. Це дозволяє отримати серію контролерів різної потужності і тим самим покрити більший сегмент ринку, а також виконати модернізацію (upgrade) контролерів, куплених споживачами, шляхом заміни всього одного модуля.

До основних характеристик процесорного модуля відносяться:

• тип операційної системи (Windows CE, Linux, DOS, OS-9, QNX і ін.);

• наявність виконавчого середовища для стандартної системи програмування на мовах МЕК 61131-3;

• типи підтримуваних інтерфейсів (RS-232, RS-422, RS-485, CAN, USB, Ethernet і ін.);

• типи підтримуваних мереж (Modbus RTU, Modbus TCP, Ethernet, Profibus, CANopen, DeviceNet і ін.);

• можливість підключення пристроїв індикації або інтерфейсу оператора (світлодіодного або ЖКІ індикатора, клавіатури, миші, дисплея з інтерфейсами VGA, DVI або CMOS, LVDS, трекбола і ін.);

• розрядність (8, 16, 32 або 64 бита);

• тактова частота мікропроцесора і пам'яті;

• час виконання команд;

• об'єм, ієрархія і типи пам'яті (ОЗП, кеш, ПЗП-флеш, флеш і ін.);

• типи вбудованих функцій (ПІД-регулятор, лічильники, ШИМ, алгоритми позиціонування і управління рухом і ін.);

• бренд виробника (Intel, AMD, Atmel, RealLab і ін.).

Швидкодію процесорного модуля ПЛК зазвичай оцінюють за часом виконання логічних команд, оскільки вони найбільш поширені при реалізації алгоритмів управління.

Величезна різноманітність завдань, що покладаються на ПЛК, і сильна залежність ціни від потужності контролера з'явилися причиною великої різноманітності використовуваних мікропроцесорів, від простих і дешевих 8-розрядних Atmel і Microchip до самих високопродуктивних мікропроцесорів серії Intel Pentium, включаючи двоядерні і чотирьохядерні процесори.

Восьмирозрядні мікропроцесори користуються великим успіхом в автономних ПІД-контролерах і мікро-ПЛК для нескладного алгоритмічного управління верстатами, теплицями, невеликими технологічними апаратами, як міжмережеві шлюзи. Їх перевагою є висока надійність, пов'язана з граничною простотою програмного забезпечення.

Зазвичай мікропроцесори, використовувані в ПЛК, на декілька поколінь відстають від процесорів офісних персональних комп'ютерів (ПК) у зв'язку з відносно малим об'ємом ринку ПЛК, який не забезпечує окупність розробки нового контролера за період зміни поколінь мікропроцесорів.

Джерело живлення. Стандартною напругою живлення ПЛК є напруга 12, 24 і 48 В. Джерелом електричній енергії зазвичай є промислова мережа 220 В, 50 Гц. У разі розподілених систем автоматизації джерело живлення може бути розташований далеко від ПЛК, тому напруга на клемах ПЛК або модулів введення-виведення може сильно відрізнятися від напруги джерела живлення унаслідок падіння напруги на опорі кабелю. Для вирішення цієї проблеми кожні ПЛК або кожен модуль віддаленого введення забезпечуються вбудованим стабілізатором напруги, який забезпечує нормальне їх функціонування в діапазоні напруги від 10 до 30 В.

Низька напруга живлення дозволяє живити контролери від акумуляторів бортових мереж транспортних засобів або переносних акумуляторів.

У ПЛК іноді використовують батарею для живлення годинника реального часу (які повинні функціонувати при вимкненому ПЛК) і для збереження інформації в ПЗП на час аварійних перерв живлення.

3.1.3. Характеристики ПЛК

Продуктивність ПЛК оцінюється по наступних параметрах:

• тривалість контролерного циклу (період зчитування значень з каналів введення, обробки в процесорі і записі в канали виведення);

• час виконання команд (окремо логічних, з фіксованою і з плаваючою крапкою);

• пропускна спроможність шини між контролером і модулями введення-виведення;

• пропускна спроможність промислової мережі;

• час циклу опиту всіх контролерів в одномастерної мережі або цикл звернення маркера для багатомастерних мереж з маркером;

• час реакції.

Контролер в системах автоматизації виконує циклічний алгоритм, що включає введення даних і розміщення їх в ОЗП, обробку даних і виведення.

Тривалість контролерного циклу (його ще називають робочим циклом) залежить від кількості модулів введення-виведення і наявності в них замаскованих (виключених з процедури обміну) входів-виходів, тому розраховується для кожної конфігурації автоматизованої системи окремо. При інтенсивній математичній обробці даних (наприклад, при цифровій фільтрації, інтерполяції або ідентифікації об'єкту управління в режимі нормального функціонування системи) тривалість контролерного циклу істотно залежить від швидкодії процесорного модуля. У контролерний цикл входить також обслуговування апаратних ресурсів ПЛК (забезпечення роботи системних таймерів, оперативне самотестування, індикація стану), контроль часу циклу, мережевий обмін, управління багатозадачністю, відображення процесу виконання програми на дисплеї і тому подібне

Перед початком роботи ПЛК виконує завантаження операційної системи і програми користувача в ОЗП і ПЗП, початкове тестування апаратури. ПЛК зазвичай може працювати в режимі відладки, покрокового виконання програми, перегляду і редагування значень змінних і тому подібне

В процесі функціонування ПЛК дані, введені з пристроїв введення, розташовуються в ОЗП і протягом робочого циклу контролера не змінюються. Пряме читання входу під час виконання одного циклу не виконується. Це прискорює процес обробки даних і виключає непередбачені ситуації.

У системах з розподіленими по об'єкту модулями введення-виведення тривалість контролерного циклу може визначатися пропускною спроможністю промислової мережі, що у ряді випадків є обмеженням на граничну кількість модулів введення-виведення.

Вимоги до тривалості контролерного циклу істотно залежать від області застосування ПЛК. При управлінні тепловими процесами тривалість циклу може складати одиниці і десятки секунд, в завданнях для управління верстатами вона вимірюється мілісекундами, при опиті датчиків температури на елеваторі контролерний цикл вимірюється цілодобово.

Час реакції контролера – це інтервал часу від моменту появи дії на систему (з боку модулів введення або оператора) до моменту вироблення відповідної реакції. Час реакції залежить від тривалості робочого циклу контролера, яке визначається швидкодією модулів введення-виведення і продуктивністю процесора.

У контролерах для відповідальних застосувань можуть бути передбачені наступні функції самодіагностики:

- виявлення помилок центрального процесора;
- сигналізація про спрацьовування сторожового таймера;
- виявлення відмови батареї або джерела живлення;
- виявлення збою пам'яті;
- перевірка програми користувача;
- виявлення виходу з ладу запобіжника;
- виявлення обриву або короткого замикання (к.з.) в ланцюзі датчика і навантаження.

У контролерах для систем протиаварійного захисту (ПАЗ) і сигналізації, а також для небезпечних промислових об'єктів може бути передбачена можливість резервування окремих частин системи: промислової мережі, процесорного модуля або контролера, джерела живлення, мережевого сервера, замкнутих контурів автоматичного регулювання, модулів введення-виведення. Об'єктом резервування зазвичай є найбільш відповідальна або найбільш ненадійна частина системи.

Можливість гарячої заміни елементів системи (тобто без відключення живлення) досягається одночасно апаратними і програмними засобами. Апаратний передбачається незалежність початкового стану пристрою від черговості подачі сигналів на його клеми в процесі заміни; програмно забезпечується можливість тимчасової відсутності компоненту системи без її зависання або переходу в аварійні режими.

Надійність контролерів характеризується напрацюванням на відмову, яке визначається як відношення сумарного часу працездатного стану

контролера до математичного очікування числа його відмов протягом цього часу (ГОСТ 27.002-89) або напрацюванням повністю, – часом від початку експлуатації до першої відмови. Надійність пов'язана з допустимими механічними перевантаженнями – амплітудою вібрації в необхідному діапазоні частот, допустимим прискоренням при ударі.

Для підвищення безпеки систем автоматизації в контролерах використовуються команди для установки початкового стану виходів відразу після подачі живлення або в аварійному режимі. Ці стани вибираються так, щоб після відновлення напруги живлення при випадковому його перериванні або в аварійному режимі системи виконавчі пристрої знаходилися в безпечному для персоналу або системи стані. Наприклад, в системах з нагрівом безпечним буде стан відключеного нагрівача, в підйомних механізмах – стан гальмування. Наявність команд управління безпечними станами дозволяє реалізувати операцію автоматичного рестарту автоматизованої системи після переривання живлення або після відновлення працездатного стану. Здатність контролера переводити свої виходи в заздалегідь певний стан відразу після виявлення зниження напруги живлення або після внутрішньої відмови називається *відмовостійким відключенням*.

Якщо повторний запуск ПЛК виконується після того, як всі динамічні дані (змінні входів-виходів, стан внутрішніх регістрів, таймерів, лічильників, програмні контексти) були повернені в заздалегідь певний стан, то такий запуск називається *холодним рестартом*. Холодний рестарт може бути як ручним, так і автоматичним.

Гарячим рестартом називають повторний запуск ПЛК, який виконується настільки швидко після пропажі живлення, що всі динамічні змінні не встигають змінитися і тому працездатність відновлюється таким чином, ніби живлення не пропадало.

Теплим рестартом називають повторний запуск після виявлення несправності живлення із заздалегідь певним і програмованим користувачем безліччю динамічних даних і системним контекстом прикладної програми.

Теплий рестарт характеризується сигналізацією стану або еквівалентними засобами, що дозволяють переконатися в тому, що прикладна програма зареєструвала припинення несправності живлення, виявлене конфігурацією ПЛК в режимі пуску.

Перешкодостійкість контролера зазвичай оцінюється по його відповідності комплексу стандартів по електромагнітній сумісності.

Промислові контролери використовують гальванічну ізоляцію для усунення паразитних зв'язків по загальному дроту, землі і для захисту устаткування від високої напруги.

Ступінь захисту від дії навколишнього середовища, забезпечувана корпусом контролера, класифікується ГОСТ 14254-96. Для позначення ступеня захисту використовуються дві букви «IP», за якими слідують дві цифри. Перша цифра позначає ступінь захисту виробу від попадання всередину твердих сторонніх тіл, друга цифра позначає ступінь захисту виробу від попадання води. Розшифровка позначень приведена в табл. 3.1, приклади корпусів показані на рис. 3.2.

Таблиця 3.1

Значення цифр в позначенні IP ступеня захисту

Перша цифра	Ступінь захисту
0	Захист відсутній
1	Захист від твердих тіл розміром більш 50мм.
2	Захист від твердих тіл розміром більш 12мм.
3	Захист від твердих тіл розміром більш 2,5мм.
4	Захист від твердих тіл розміром більш 1мм.
5	Захист від пили.
6	Пилонепроникність.

Друга цифра	Ступінь захисту
0	Захист відсутній
1	Захист від крапель води
2	Захист від крапель води при нахилі до 15°.
3	Захист від дощу.
4	Захист від бризок.
5	Захист від водяних струменів.
6	Захист від хвиль води.
7	Захист при зануренні у воду.
8	Захист при тривалому зануренні у воду.

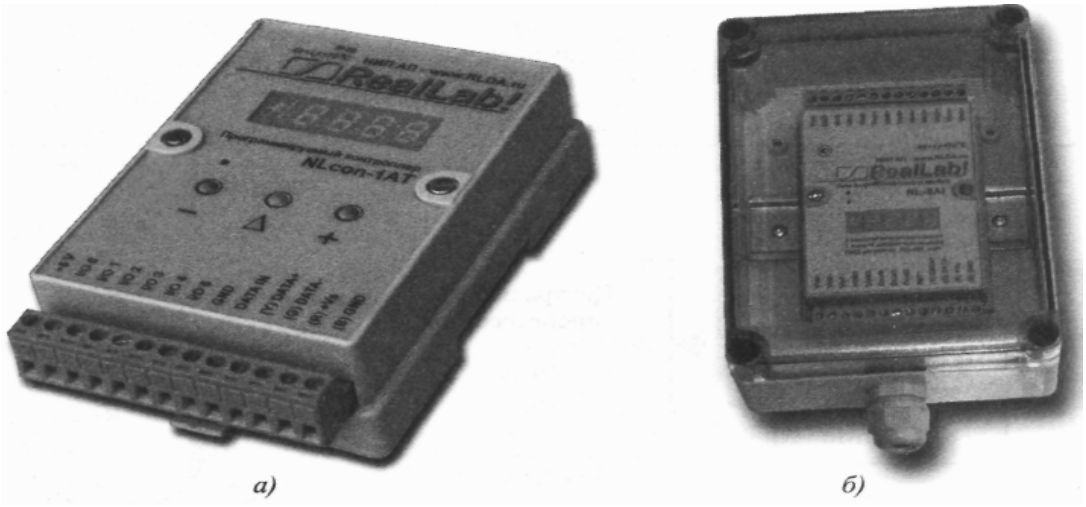


Рис. 3.2. Контролери в корпусах із ступенем захисту IP20 (а) і IP66 (б)

При виборі контролера бажано оцінювати ступінь його відповідності ідеології «відкритих систем», щоб не потрапити в залежність від одного постачальника і мати можливість модифікувати систему в міру необхідності.

Важливим параметром ПЛК є час від замовлення до постачання і наявність декількох незалежних постачальників. Для України цей параметр має особливе значення, оскільки велику частку ринку займають контролери іноземного виробництва, для яких тривалість постачання і гарантійної заміни обчислюється місяцями. Великі терміни постачання пояснюються як віддаленістю виробника від споживача, так і прагненням виробників і постачальників мінімізувати витрати за рахунок зменшення запасів на складі.

Якість призначеної для користувача документації, наявність групи технічної підтримки, швидкість реакції на запити, наявність курсів для навчання споживачів грають також важливу роль при виборі контролера з величезного їх різноманіття. Технічні параметри широкого спектру контролерів різних виробників можна знайти на численних сайтах підтримки в Інтернет.

3.1.4. Приклад ПЛК

Як приклад розглянемо ПЛК NLcon-CE торгової марки «RealLab!». Контролер побудований на базі потужного (для ПЛК) процесора PXA-255

фірми Intel і працює з віддаленими модулями введення-виведення через інтерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU або DCON.

Основними характеристиками ПЛК є:

- відповідність ідеології відкритих систем і малі габаритні розміри;
- потужний процесор та велика ємність пам'яті;
- широкий температурний діапазон (від -25°С або від -40 до +70°С);
- підтримка дисплея, миші, клавіатури.

Центральний процесор (рис. 3.3) управляє ОЗП, ЕППЗП, РК дисплеєм і зовнішніми портами за допомогою допоміжних контролерів введення-виведення, виконуючи ОС Windows CE і програму користувача, написану за допомогою пакету CoDeSys.

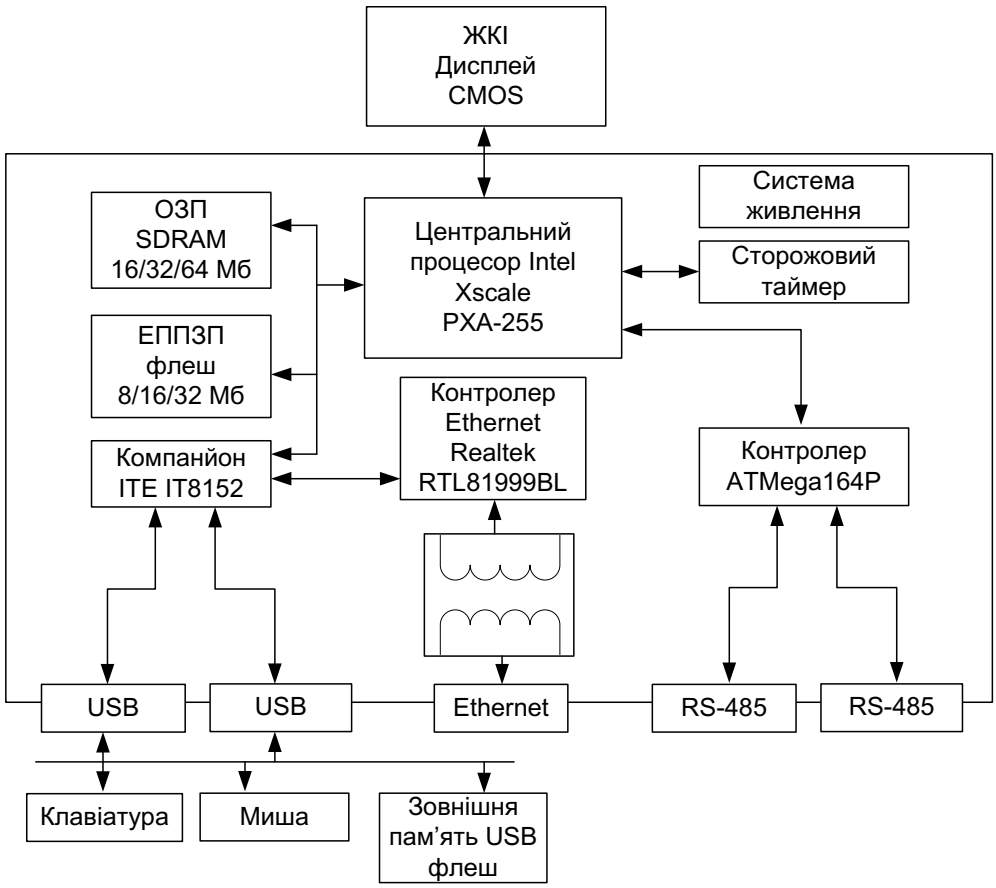


Рис. 3.3. Архітектура ПЛК NLcon-CE

Допоміжний контролер («компаньйон») ITE 18152 управляє двома USB портами і контролером Realtek, який реалізує стек протоколів Ethernet. Два

порти RS-485 виконано на основі контролера Atmegal64P з використанням двох UART процесора PXA-255.

РК-дисплей підключається безпосередньо до ЦП за допомогою плоского кабелю через паралельний інтерфейс CMOS. Миша і клавіатура підключаються до ПЛК за допомогою двох USB портів, які можуть бути використані також для підключення знімної пам'яті USB-флеш.

Контролер виконаний повністю за ідеологією відкритих систем. Ознаками відкритості є:

- стандартний інтерфейс RS-485;
- протоколи Modbus RTU і DC ON;
- підтримка Ethernet;
- робота під ОС РВ Windows CE;
- програмування на мовах C++, Visual Basic, C#;
- програмування на п'яти мовах МЕК 61131-3 за допомогою CoDeSys;
- OPC-сервер, що функціонує в середовищі Windows CE;
- стандартна миша і клавіатура;
- кріплення на DIN-рейку.

Характеристики процесора:

- 32-разряди, набір команд ARM версії 5TE ISA, з ядром (мікроархітектурою) XScale;
- суперконвеєрна архітектура процесора;
- тактова частота процесора 400 Мгц;
- тактова частота системної шини 100 Мгц;
- швидкісний інтерфейс з флеш-пам'яттю;
- має режими зниженого споживання;
- кеш-пам'ять процесора ємкістю 32 Кб для даних і 32 Кб для команд;
- міні-кеш ємкістю 2 Кб для обробки потоку даних;
- контролер флеш-пам’яті з тактовою частотою шини 100 Мгц;
- співпроцесор для одночасного множення двох 16-бітових чисел з 40-бітовим накопичувачем. Сполучений з центральним процесором 32-

розрядною шиною;

• підтримка USB v. 1.1 – 2 шт;

• сторожовий таймер.

Характеристики ПЛК:

• два порти RS-485;

• два порти USB;

• Ethernet 10B ASE-T/100BASE-T;

• вбудована флеш-пам’ять ємкістю від 128 Мб до 1 Гб;

• SDRAM ємкістю 32/64 Мб;

• LCD (РК) кольоровий дисплей типу TFT (Thin-Film Transistor) або STN (Super-Twisted Nematic – монохромний з пасивною матрицею на тематичних рідких кристалах) з портом CMOS;

• зйомна USB флеш пам'ять;

• споживаний струм: 600 мА;

• вологість повітря від 10 до 90 % без конденсації вологи.

Програмне забезпечення. Завдяки наявності ОС жорсткого реального часу Windows CE 4.2, підтримуючою DCOM, ПЛК може виконувати програми, написані на мовах C++, C#, Visual Basic із застосуванням OPC-сервера. Розробка ПЗ виконується в середовищі Visual Studio Embedded або Visual Studio.NET. П'ять мов технологічного програмування МЕК 61131-3 підтримуються за допомогою безкоштовної системи програмування CoDeSys. ОС Windows CE може бути завантажена з вбудованої флеш-пам’яті, а також з Platform Builder через Ethernet-порт по протоколу FTP.

3.2. Пристрої збирання даних

Автоматизовані системи збирання даних в наш час є загальнодоступним засобом отримання експериментальної інформації, і зв'язано це, в першу чергу, з широким розповсюдженням персональних комп'ютерів. Системи збирання даних знаходять застосування для наукових досліджень, управління виробничими процесами, моніторингу в

промисловості, медицині, метеорології, космонавтиці і інших областях людської діяльності. Автоматизований збір даних дозволяє отримати дані нової якості, які неможливо отримати іншими засобами. Це результати статистичної обробки величезного числа вимірювань, отриманих в цифровій формі, можливість реєстрації подій, що випадково з'являються, з недосяжною раніше роздільною здатністю за часом і амплітуді, реєстрація процесів які швидко змінюються. Завдяки різкому здешевленню систем збирання даних в порівнянні з вартістю людської праці з'явилася велика кількість областей застосування, де раніше використовувалася ручна реєстрація даних: у теплицях, елеваторах, на метеостанціях, в процесі приймально-здавальних і сертифікаційних випробувань продукції, на складах, в промислових холодильниках, при автоматизації наукового експерименту і тому подібне

Основною відмінністю систем збирання даних від ПЛК є відсутність в них алгоритму управління, тобто відсутність необхідності в могутньому контролері і мові МЕК 61131-3, а також наявність великого об'єму пам'яті для ведення архіву. Хоча системи збирання даних можна побудувати на будь-якому ПЛК, але у зв'язку з вказаними вище особливостями вони займають окремий сегмент ринку і їх виділяють в окрему групу засобів автоматизації.

Системи збирання даних можуть застосовуватися *в реальному часі,* наприклад для моніторингу (спостереження) різних процесів, ідентифікації аварійних ситуацій в технологічних процесах, а також можуть застосовуватися для *архівації даних,* коли їх обробка відокремлена від процесу збирання невизначеним інтервалом часу. У системах реального часу поточні дані зберігаються протягом деякого заданого часу в кільцевому буфері, звідки застарілі дані витісняються такими, що знов поступили. У архівуючих системах використовуються накопичувачі інформації великої ємкості і дані обробляються після завершення збирання.

Архівуючі системи збирання даних *(логери, самописці)* можуть бути автономними пристроями, побудованими на основі мікроконтролера

(наприклад, бортові самописці літаків, електронні лічильники тепла або електроенергії, портативні електрокардіографи). Дані, зібрані логерами, для обробки переносяться в комп'ютер за допомогою, наприклад, USB-флеш-пам’яті або через послідовний інтерфейс.

Системи збирання даних, побудовані на основі комп'ютера, зазвичай є стаціонарними і використовують універсальне програмне забезпечення, таке як MATLAB, Lab VIEW, MS Excel, яке дозволяє не тільки зібрати дані, але і обробити їх.

Для реєстрації швидкопротікаючих процесів (з необхідною частотою відліків більше 1 Мгц) використовуються системи з паралельною шиною, зокрема плати для шини PCI комп'ютера. Комп'ютерні плати мають обмежену кількість входів, що визначається комп'ютерним конструктивом, і вимагають зовнішніх клемних блоків для під'єднання джерел сигналу, створюючи незручності при монтажі системи.

Для реєстрації повільних процесів зручніше зовнішні пристрої, що підключаються до комп'ютера через COM, USB або Ethernet-порт. Зовнішні пристрої відрізняються також меншим рівнем шумів, тоді як плати, що вставляються в комп'ютер, схильні до впливу наведень від цифрових ланцюгів комп'ютера.

Система збирання даних може бути *розподіленою,* коли пристрої введення розподілені територіально по об'єкту збирання даних, а отримані дані сходяться до єдиного накопичувача і обробника даних за допомогою мережевих технологій. Мережеві (розподілені) системи збирання даних мають властивість практично необмеженою наростання числа каналів, проте мають обмеження на швидкість передачі даних по мережі.

Для типових завдань збирання даних промисловістю випускаються пристрою з невеликим числом входів (від декількох десятків до декількох сотень). Для великих систем (від одиниць до сотень тисяч входів) розробляються спеціалізовані системи. До них можна, наприклад, віднести систему «Грейн» для температурного моніторингу елеваторів, яка збирає дані

з декількох тисяч датчиків температури, або систему «COMPASS», що збирає дані з 250 тис. датчиків в ядерному центрі CERN із швидкістю 160 Мбіт/с.

Входи систем збирання даних можуть бути універсальними (потенційними і струмовими), або спеціалізованими (наприклад, для термопар, для термоперетворювачів опору або для тензодатчиків). Системи із спеціалізованими входами економічно ефективніші для споживача. Універсальні входи використовуються спільно з вимірювальними перетворювачами фізичних величин в струм або напругу. Існують також системи з гібридними входами, наприклад, коли декілька входів приймають сигнали термопар, інші входи – сигнали тензодатчиків, треті, – сигнали термометрів опору і так далі

Входи можуть бути *диференціальними, одиничними, цифровими або дискретними (двійковими).* Диференціальні входи дозволяють ефективніше пригнічувати зовнішні перешкоди, що наводяться на кабель, передавальний сигнал від датчика до модуля введення. Для передачі сигналу найчастіше використовується напруга в діапазоні 0...±5 В, 0...±10 В або струм 0...20 мА, 4...20 мА. Сигнали напруги виробляються джерелами напруги і мають високу перешкодостійкість до ємкісних наведень, сигнали струму виробляються джерелами струму і стійкі до індуктивних наведень. Дискретні входи приймають логічні сигнали («0» або «1»), які поступають від кінцевих вимикачів, датчиків охоронної або пожежної сигналізації, електромагнітних реле, датчиків наявності напруги і тому подібне Цифрові входи приймають сигнали від пристроїв з цифровим виходом, наприклад від цифрових датчиків температури.

Основними параметрами систем збирання даних є кількість каналів, похибка, динамічна похибка, час встановлення або смуга пропускання, що вирішує здатність, ефективне число розрядів, частота дискретизації, наявність гальванічної ізоляції входів і інтерфейсу, наявність захисту від недбалого використання, перевантажень і перегрівання.

Системи збирання даних зазвичай мають 4, 8, 16, 32, 64... входів, які опитуються по черзі або одночасно. Системи з одночасним опитом складаються з ідентичних каналів, які виконують аналого-цифрове перетворення вхідної величини паралельно, тобто одночасно для всіх каналів. Такі системи зустрічаються рідко унаслідок високої вартості. Зазвичай опит входів виконується по черзі, за допомогою комутатора. Тому дані різних каналів виявляються зрушеними за часом на деяку затримку, рівну відношенню періоду опиту до кількості каналів.

Прикладом системи збирання даних може служити система RealLab!, побудована за модульним принципом, тобто систему з необхідною кількістю входів можна зібрати з модулів – окремих «будівельних» блоків. Модулі з'єднуються між собою за допомогою промислового інтерфейсу RS-485 і розташовуються або загалом монтажній шафі, або розподілені по об'єкту збирання даних так, щоб зменшити довжину кабелю від датчика до модуля. Зібрані дані в цифровій формі передаються по промисловій мережі в центральний комп'ютер або контролер. Модулі RealLab! можуть працювати в стандартних мережах Modbus RTU або в стандартній де-факто мережі DCON, мають відкритий протокол обміну. Кожен модуль в мережі має свою адресу, тому для опиту модулів комп'ютер посилає їм команду, що містить адресу і код операції, яку необхідно виконати.

Наближення модулів введення до датчиків має декілька переваг. По-перше, скорочується кількість проводів, оскільки цифровий інтерфейс RS-485 має тільки два дроти, а передає дані від великої кількості модулів. Це зручно при зборі даних з територіально розподілених об'єктів, наприклад при зборі даних про температуру і вологість в теплиці, яка має площу 10 Га, в багатоповерховій будівлі або на елеваторі. По-друге, знижується потужність наведених перешкод завдяки скороченню довжини проводів з аналоговими сигналами, спрощується технічне обслуговування і діагностика системи.

Завдяки застосуванню стандартного протоколу обміну в систему збирання даних на модулях RealLab! можуть бути включені пристрої

введення інших виробників, наприклад, вольтметр фірми Hewlett-Packard або касовий апарат, лічильник електроенергії або метеостанція.

3.3. Комп'ютер в системах автоматизації

Не дивлячись на існуючі традиції застосування ПЛК для вирішення проблем автоматизації, багато завдань набагато ефективніше вирішуються за допомогою персональних комп'ютерів замість контролера. Комп'ютер може бути використаний також як пульт оператора (диспетчера) або виконувати одночасно функції контролера і пульта оператора. У завданнях автоматизації широко застосовують як офісні, так і промислові комп'ютери.

3.3.1. Комп'ютер як контролер

Комп'ютер може бути перетворений на повноцінний контролер, якщо на нього встановити:

- систему програмування контролерів (CoDeSys або ISa-GRAF);
- електронний диск замість звичайного жорсткого диска;
- плати введення-виведення або зовнішні модулі введення-виведення;
- сторожовий таймер.

Електронним диском є ПЗП, що складається з мікросхем флеш-пам’яті і конструктивно виконане у вигляді корпусу звичайного жорсткого диска формату 2.5", 3.5" або 5.25" з сучасними інтерфейсами. Основною перевагою електронного диска є його висока стійкість до вібрацій, відсутність акустичного шуму, висока надійність, низьке енергоспоживання, мала вага.

Плати і зовнішні модулі введення-виведення для комп'ютера випускаються багатьма незалежними виробниками, що стало можливим завдяки наявності стандартів на конструктивного виконання і шини як промислових, так і офісних комп'ютерів.

Сторожовий таймер служить для перезавантаження комп'ютера у разі його зависання. Відмітимо, що комп'ютер має набагато більше, ніж

контролер, час перезавантаження при використанні офісної операційної системи Windows.

До переваг персональних комп'ютерів (ПК) при їх використанні в якості контролерів відносяться:

- на порядок більша ємність оперативної пам'яті;
- наявність жорсткого диска з практично необмеженою ємністю;
- на порядки вища швидкодія;
- швидкий розвиток апаратного забезпечення (модернізація комп'ютерів відбувається кожні 4...6 місяця, контролерів – через 3...5 років);
- у декілька разів нижча ціна;
- наявність великого числа фахівців, що добре володіють ПК;
- підтримка комп'ютером різних дисководів, принтера, звукових карт, систем розпізнавання і синтезу мови, систем розпізнавання образів і тексту, а також інших засобів, недоступних для контролера;
- легка заміна комп'ютера на потужніший без зміни ПЗ;
- підтримка клавіатури, миші і монітора;
- можливість комплектації комп'ютера з частин, що виробляються великим числом незалежних виробників;
- можливість створення всієї системи автоматизації за допомогою SCADA-пакетів (MASTERSCADA, Trace Mode), без залучення систем програмування контролерів і засобів зв'язку контролера з комп'ютером;
- наявність стандартів на шини, що забезпечує велике число незалежних постачальників стандартних комп'ютерних плат.

Хоча промислові комп'ютери, наближаючись за умовами експлуатації до контролерів, втрачають деякі з переваг ПК (такі, як швидкодія, швидкість модернізації, низька ціна), інші перевага ПК роблять їх широко розповсюдженими і затребуваними в промисловості.

З розвитком промислових комп'ютерів і контролерів відбувається стирання відмінностей між ними. Проте залишається ряд відмінностей, які

вже не можна назвати істотними, але які зустрічаються найчастіше. Типовий комп'ютер, на відміну від типового контролера, має:

- мишу, клавіатуру і монітор;
- жорсткий диск;
- вузький температурний діапазон (від 0 до +50 °С);
- операційну систему Windows (іноді використовують ОС реального часу Windows CE, QNX, RTOS);
- вентилятор для охолоджування процесора і блоку живлення.

У промислових комп'ютерах іноді використовують операційну систему реального часу, проте вона не завжди є необхідною навіть в системах автоматичного управління. Наприклад, системи управління мікрокліматом, що серійно випускаються, реалізовуються декілька десятків контурів ПІД-регулювання при одночасній архівації декількох сотень параметрів. Всі перераховані завдання вирішуються за допомогою всього одного персонального комп'ютера з ОС Windows XP і модулів введення-виведення серії RealLab!. Недоліком комп'ютерів з ОС Windows є великий час перезавантаження системи при її зависанні.

3.3.2. Комп'ютер для спілкування з оператором

Найбільш типовим застосуванням ПК в завданнях автоматизації є організація робочого місця оператора (диспетчера). Комп'ютер тут виконує роль людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ). Для поліпшення ергономічності і ефективності роботи оператора використовують SCADA-пакети з використанням звуку, анімації, високоякісної кольорової графіки і безліччю інтелектуальних функцій, що полегшують роботу оператора.

Для створення ЛМІ використовують монітори з сенсорним екраном, плазмові панелі, проектори екрану комп'ютера на стіну, трекбол, звукові колонки, сирени, клавіатури із ступенем захисту від IP-20 до IP-67.

Трекбол аналогічний комп'ютерній миші, яка перевернута кулькою вгору, і має розмір кульки від 1 до 4...6 см в діаметрі. Трекбол зручний тим,

що при його використанні зап'ястя руки залишається нерухомим, він не вимагає багато місця і може бути використаний в умовах трясіння і вібрації.

Сенсорний екран є скляною або пластиковою пластиною, прикріпленою поверх екрану звичайного монітора. Для визначення координат того, що стосується екрану пальцем оператора використовують в основному чотири фізичні принципи: поглинання пальцем енергії поверхневих акустичних хвиль, зміна ємкісного струму при тому, що стосується екрану, зміна опору між двома прозорими провідними поверхнями при натисканні пальцем і принцип затінювання інфрачервоних променів, які витікають з випромінювачів по периметру екрану. Найбільшого поширення набули резистивні і ємкісні сенсорні екрани.

У промисловій автоматизації використовуються також панелі оператора, які замість клавіатури мають декілька спеціалізованих кнопок, а замість монітора – мініатюрний дисплей, на якому уміщається всього декілька рядків тексту або графіки. Такі пристрої підключаються до COM-порту комп'ютера.

Для монтажу на панель (на дверці шафи, на стіну) використовують панельні комп'ютери, які об'єднують в одному конструктиві процесорний блок, дисплей з сенсорним екраном і клавіатуру.

3.3.3. Промислові комп'ютери

Промислові комп'ютери істотно відрізняються від офісних по конструктивних ознаках, проте використовують ті ж мікропроцесори і архітектуру. Основними відмінностями є наступні:

- роз'єми для змінних плат встановлюються на пасивній об'єднувальній панелі, а не на материнській платі;
- для змінних плат використовуються надійні штирькові роз'єми;
- для зміни плат не потрібно розкривати корпус;
- використовуються спеціалізовані промислові комп'ютерні шини COMPACTPCI, ADVANCEDTCA, COMExpress, VME, VXI і ін.;

• замість жорсткого диска може бути використана флеш-пам’ять;

• наявність сторожового таймера;

• застосування вентиляторів із змінним пиловловлюючим фільтром або відсутність вентиляторів;

• міцна конструкція, що несе, з надійним кріпленням плат пружинячими планками з гвинтовими затисками;

• застосування блоків живлення підвищеної надійності, із захистом від к.з. по виходу і з розширеним діапазоном мережевої напруги (від 100 до 250 В);

• резервування блоків живлення;

• наявність незалежної оперативної пам'яті (з акумуляторним живленням), яка зберігає дані при збоях або зникненні живлення;

• у одному конструктиві і на одній об'єднувальній шині може розташовуватися декілька комп'ютерних систем;

• наявність знімної флеш-пам’яті;

• застосування, окрім Windows, операційних систем DOS, Linux і операційних систем реального часу.

Конструктивного виконання промислового комп'ютера забезпечує захист від пилу, вологи, вібрації, електромагнітних наведень і полегшує технічне обслуговування. Для роботи в діапазоні температур від -40 до +70°С. використовується індустріальна елементна база з розширеним температурним діапазоном або, якщо це можливо, штучний підігрів і примусове охолоджування.

Монтаж промислового комп'ютера може бути виконаний в стандартній 19-дюймовій стійці, на панелі, на столі, на стіні, на DIN-рейке і в спеціалізованому конструктиві. Органи управління промисловим комп'ютером (кнопка скидання, живлення і клавіатура) можуть закриватися дверцями з ключем.

По швидкодії і ємкості пам'яті промислові комп'ютери завжди поступаються офісним, що пов'язане з великою тривалістю розробки нових

модифікацій: за час розробки промислового комп'ютера встигає змінитися декілька поколінь офісних ПК. Це пояснюється незрівнянно меншою ємкістю ринку промислових комп'ютерів в порівнянні з офісними, яка визначає розмір інвестицій в нові проекти.

Переважна більшість промислових комп'ютерів відносяться до магістрально-модульних систем. Вони не мають об'єднувальної материнської плати, замість неї використовується пасивна крос-плата (сполучна плата), така, що містить тільки роз'єми, сполучені загальною магістраллю. Всі плати комп'ютера вставляються в корпус спереду і закріплюються планками з амортизаторами для підвищення вібростійкої. Це зроблено для зручності заміни плат при обслуговуванні. Плати з'єднуються з крос-платою за допомогою штирькових роз'ємів, які набагато надійніше за друкарські роз'єми в офісних ПК. Число слотів для змінних плат перевищує 10.

Для промислових комп'ютерів існує декілька стандартів, направлених на забезпечення відкритості таких систем. Відкриті стандарти для шин промислових комп'ютерів розробляє консорціум PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group), до складу якого входять більше 450 компаній комп'ютерної індустрії і телекомунікації. Консорціум був організований в 1994 р., результатами його роботи є стандарти PCI, COMPACTPCI, ADVANCEDTCA, COMExpress і ін.

Стандарт PICMG 1.0 дозволяє розмістити до 20 плат розширення в одному корпусі і передбачає застосування шин PCI, які мають загальну пропускну спроможність 538 Мбайт/с.

Стандарт PICMG 1.3 базується на послідовній шині PCI Express. У основі PCI Express лежить послідовна передача даних по декількох незалежних послідовних каналах передачі (від 1 до 32), що виключає необхідність синхронізації бітів в передаваному слові, як в паралельних шинах. Кожен канал PCI Express складається з двох однонаправлених ліній передачі (по одній в кожному напрямі) і використовує фізичний рівень стандарту LVDS (Low Voltage Differential Signaling – низьковольтна

диференціальна передача сигналу), який заснований на балансному способі передачі сигналу по витій парі проводів. Тактова частота каналу складає 2,5 Ггц, що забезпечує пропускну спроможність однієї лінії передачі 250 Мбайт/с і всієї шини до 8 Гбайт/с в кожному напрямі при кількості ліній 32. Застосування шини PCI Express дозволяє встановити відразу декілька портів Ethernet 1000BASE-T на одній процесорній платі і збільшити число USB портів 10.

Шина VMEbus була розроблена на початку 80-х років, але до цих пір використовується достатньо широко завдяки існуванню великого числа виробників і вибору плат. VMEbus плати мають розмір для конструктиву «Євромеханіка». Пропускаючи здатність 16- або 32-розрядної шини VMEbus складає 40 Мбіт/с. Існує також 64-розрядна версія шини з пропускною спроможністю 80 Мбіт/с. Для автоматизованих вимірювальних систем використовується шина VXI (VME extension for Instrumentation), яка є модифікацією шини VMEbus.

Стандарт «Євромеханіка» встановлює розміри і типи друкованих плат, модулів, блоків, субблоків, 19-дюймових шаф і стійок. У конструктиві «Євромеханіка» для передачі інформації між окремими платами найчастіше використовують шину Compact PCI (cPCI), яка розроблена на основі звичайної PCI (Peripheral Component Interconnect) шини версії 2.1. Від звичайної шини PCI вона відрізняється в два рази великим числом підтримуваних слотів (до 8-ми). Тактова частота шини складає 33 або 66 Мгц, ширина – 32 або 64 бита, пропускна спроможність – 133 або 266 Мбайт/с. Конструктивно плати з шиною Compact PCI є єврокартами заввишки 3U (100x160 мм) з одним роз'ємом або 6U (233x160 мм) з двома роз'ємами. Контакти живлення в роз'ємах зроблені довшими, ніж сигнальні, тому при заміні плати живлення подається раніше, ніж сигнали. Це робить можливою «гарячу заміну» плат при відповідному доопрацюванні програмного забезпечення. У системах автоматизації вимірювань широко використовується шина PXI (PCI extensions for Instrumentation), розроблена

фірмою National Instruments і використовувана з тими ж конструктивами, що і Compact PCI.

Комп'ютери стандарту PC/104 є найменшими в класі магістрально-модульних систем, розмір плати складає 90х96 мм. Перші вироби на основі цього стандарту з'явилися в 1992 р. на транспорті і в системах оборони для управління безпілотними літальними апаратами, в ракетних комплексах, бортових системах контролю і навігації. Стандарт PC/104 використовує шину ISA, але із зміненими типами роз'ємів (використовується 104 контакти) і характеристиками навантажень ліній шини. У 1997 р. консорціум PC/104 ввів специфікацію PC/104-Plus, в яку був доданий інтерфейс PCI з 120 контактами. Пізніше були введені стандарти PC/104+, PCI-104 і PCI/104express з шиною PCI-Express. Плати стандартів Pc/104 збираються «бутербродом» і скріпляються втулками і гвинтами. Такий конструктив використовується для невеликих систем, звичайне число плат не перевищує 4-х.

Широкого розповсюдження в промисловій автоматизації набули також одноплатні комп'ютери. Основною їх перевагою є відсутність роз'ємів, малі габарити, наприклад 90х96 мм для стандарту PC/104 або з форм-фактором 2,5" (100х66 мм), 3,5" (102х144 мм) або 5,25" (260х180 мм), мале енергоспоживання.

Одним з варіантів розширення функціональних можливостей промислових комп'ютерів є застосування мезонінних плат. Мезонінною називається плата, яка розташована паралельно з основною і з'єднується з нею роз'ємами. Стандарти на мезонінну технологію підтримуються консорціумом GROUPIPC (www.groupipc.com).

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИКУМ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ»

4.1. Програмний симулятор токарного верстата з ЧПУ

Методологія застосування імітаційних моделей та симуляторів з різних технічних дисциплін переважно орієнтована на зниження рівня абстракції навчального матеріалу. Поряд з теоретичним навчальним матеріалом наочне імітаційне моделювання того чи іншого технологічного процесу або операції дозволяє студенту повною мірою освоїти матеріал, що викладається, з максимальним наближенням до природних умов. При цьому імітаційні моделі та симулятори можуть розглядатись лише як допоміжний інструмент навчального процесу. Основне призначення цієї категорії освітніх ресурсів – базове ознайомлення з принципами роботи складних технічних об'єктів за умов відсутності можливості використання реального промислового обладнання, або перед проходженням практики.

У цьому сенсі особливу актуальність представляє методологія поєднання освітніх завдань з професійно-прикладними завданнями в єдиному інструментарії, що відповідає сучасному рівню розвитку технологій і промисловості в цілому. Тут йдеться про комплексну реалізацію функцій автоматизованого проектування (CAD/CAM) та принципів імітаційно-чисельного моделювання технологічних процесів.

Основна тенденція запровадження імітаційних навчальних моделей у практику професійної освіти полягає у досягненні максимальної інтерактивності. Необхідною умовою є можливість виконання «помилкових» дій студентом і адекватне реагування імітаційної моделі на ці дії з метою досягнення необхідного рівня розуміння навчального матеріалу студентом. Чим вище ступінь свободи об'єкта моделювання (пристрою, верстата, лінії), тим більший ефект реальної взаємодії досягається у процесі навчання програмного продукту (імітаційної моделі або симулятора), призначеного для

базового ознайомлення фахівців з принципами програмування операцій токарної обробки деталей з використанням стандартного G/M-коду.

Галузі застосування програмного продукту насамперед охоплюють освітній процес з використанням обчислювальної техніки у формі лабораторних занять студентів у комп'ютерних класах, дистанційного навчання, а також демонстраційної підтримки лекційного матеріалу. Гнучка функціональність та мобільність програмного продукту також дозволяють використовувати його як прикладний інструмент для верифікації та попереднього тестування керуючих програм операцій токарної обробки матеріалів на верстатах із числовим програмним управлінням (ЧПУ) із застосуванням програмного коду Fanuc (система кодів А).

Функціональні можливості симулятора повинні забезпечувати виконання таких завдань:

− складання текстів керуючих програм операцій токарної обробки у форматі стандартного G/M коду та перевірку керуючих програм на синтаксичні та технологічні помилки;

− відтворення на екрані обчислювального пристрою тривимірних графічних моделей основних вузлів обладнання, що імітується, технологічного оснащення та металорізального інструменту з метою навчальної імітації процесу токарної обробки матеріалу;

− тривимірну візуалізацію процесу формоутворення деталі при токарній обробці за складеними керуючими програмами;

− візуалізацію траєкторій переміщення ріжучого інструменту робочої площині верстата;

− здійснення інтерактивної взаємодії користувача з імітаційною моделлю обладнання.

Технічною перевагою симулятора є відносно низька ресурсоємність і мультиплатформна підтримка, що дозволяють використовувати даний програмний продукт на різних обчислювальних пристроях, включаючи

інтерактивні дошки, смартфони, планшетні та настільні комп'ютери, що, в свою чергу, підвищує гнучкість і мобільність навчального процесу. освіти.

В основу тривимірної імітаційної моделі закладено токарний верстат ТС1625ФЗ з горизонтальною станиною та класичною компоновкою вузлів, оснащений системою ЧПУ, восьмипозиційною револьверною головкою, трикулачковим токарним патроном, задньою бабкою, системою подачі мастильно-охла. Обробка матеріалу виконується за двома координатами у горизонтальній площині верстата. Основні технічні характеристики прототипу устаткування представлені таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Основні технічні характеристики токарного верстата ТС1625ФЗ

Характеристика	**Значення**
Габаритні розміри ДхШхВ, мм	2775x1585x1670
Відстань між центрами, мм	1000
Діаметр отвору шпинделя, мм	77
Діаметр 3-кулачкового патрона, мм	250
Ширина напрямних, мм	440
Точність позиціонування по осях X/Z, мм	±0,005
Швидкі переміщення по осях X/Z, мм/хв.	8000/12000
Робоча подача, мм/хв	0,01~6000
Діапазон швидкостей шпинделя, об/хв	10–1650
Число інструментів, шт	8
Час зміни інструменту, з	0,8

У симуляторі моделюється комплект різального інструменту (збірні токарні різці та свердла), що включає 185 найменувань. Типи використовуваних змінних ріжучих пластин токарних різців представлені таблиці 4.2.

Також у моделі використовуються різці зі спеціальними різьбонарізними пластинами та свердла. На рисунку 4.1 представлено геометричну модель збірного токарного різця.

Таблиця 4.2.

Типи різальних пластин токарних різців, що використовуються

Літерне позначення за ISO13399	**Геометрична форма пластини**	**Назва геометричної форми пластини**	**Головний кут у плані**
S		Квадратна	90
T		Трикутна	60
C		Ромбічна	80
D			55
E			75
F			50
M			86
V			35
W		Тригональна	80
R		Кругла	-

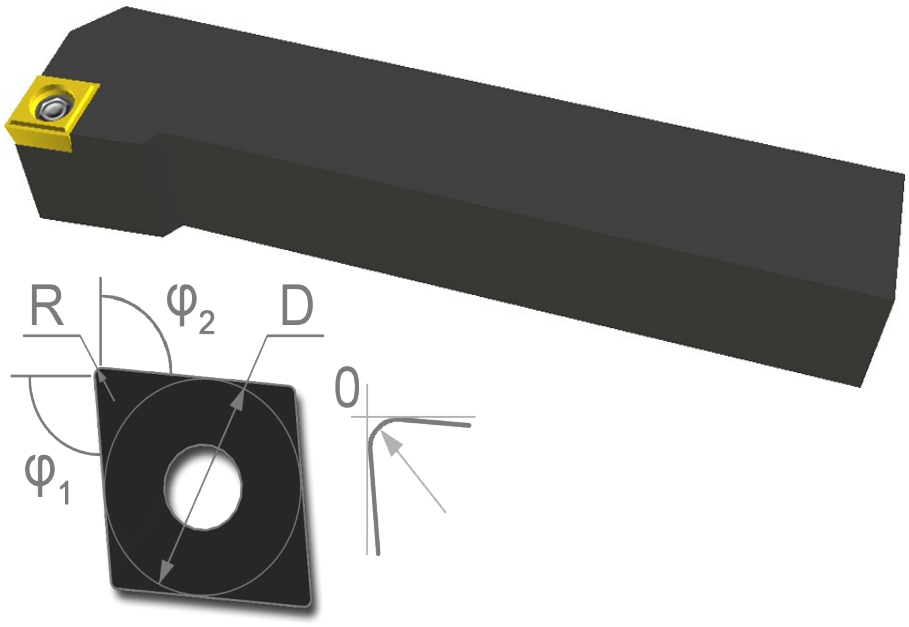


Рис. 4.1. Геометрична модель збірного токарного різця та позначення основних характеристик змінної ріжучої пластини: головного кута в плані φ1, допоміжного кута в плані φ2, діаметра вписаного кола D, радіуса заокруглення при вершині R.

Опис симулятора токарної обробки на верстаті з ЧПУ

Симулятор токарної обробки на верстаті з ЧПУ реалізований у формі мультиплатформної графічної програми. Тип цільового обчислювального пристрою та підтримувана платформа: IBM – сумісний персональний комп'ютер під керуванням операційних систем Microsoft Windows та Linux, персональний комп'ютер Apple Macintosh під керуванням операційної системи MacOS, мобільні пристрої на базі операційних систем Android та iOS. Додатково виконання програми можливе серед веб-браузера з підтримкою технології HTML5 і апаратною підтримкою 3D графіки (технологія WebGL). Графічна складова програмного забезпечення використовує компонентну базу OpenGL 2.0. Графічний інтерфейс користувача програми реалізований російською та англійською мовами.

Мінімальні системні вимоги до обчислювального пристрою:

- тактова частота центрального процесора: 1,6 ГГц;
- обсяг оперативної пам'яті: 1 Гб; об'єм відеопам'яті: 512 Мб;
- роздільна здатність екрану: 1024×768; підтримка OpenGL версії 2.0;
- стандартна клавіатура та комп'ютерна миша;
- засоби відтворення звуку (динаміки, аудіоколонки або навушники).

Під час роботи з веб-версіями програми рекомендується використовувати веб-браузер Microsoft Edge, що входить до складу операційної системи Windows 10.

Формат даних користувача

У процесі інсталяції програмного продукту у стандартному каталозі "Документи" операційної системи створюється кореневий каталог проектів симулятора, що включає ряд управляючих підкаталогів з прикладами програм. Файли проектів симулятора мають розширення *.csdata. З метою оптимізації здійснюється байтове введення-виведення даних, тому відкриття файлу проекту у зовнішньому текстовому редакторі неможливе. Байтова структура файлу представлена таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Байтова структура файлу даних

№ з/п	Найменування параметру	Тип даних	К-сть байт
1	Довжина заготовки, мм	Ціле число	2
2	Діаметр заготовки, мм	Ціле число	2
3	Довжина затискної частини заготовки L4, мм	Ціле число	2
4	Торцевий припуск заготовки L5, мм	Ціле число	2
5	Координата X нуля W2, мм	Ціле число	2
6	Координата Z нуля W2, мм	Ціле число	2
…	…	…	…
13	Координата X нуля W6, мм	Ціле число	2
14	Координата Z нуля W6, мм	Ціле число	2
15	Номер інструменту у позиції №1 РГ	Ціле число	2
16	Виліт інструменту в позиції №1 РГ, мм	Ціле число	2
…	…	…	…
29	Номер інструменту у позиції №8 РГ	Ціле число	2
30	Виліт інструменту в позиції №8 РГ, мм	Ціле число	2
31	Кількість кадрів першої УП	Ціле число	2
32	Кадр 1 першої УП	Рядок	1-256
…	…	…	…
31+J	Кадр J першої УП	Рядок	1-256
32+J	Кількість кадрів другого УП	Ціле число	2
33+J	Кадр 1 другий УП	Рядок	1-256
…	…	…	…
32+J+K	Кадр K другий УП	Рядок	1-256
33+J+K	Кількість кадрів третьої УП	Ціле число	2
34+J+K	Кадр 1 третьої УП	Рядок	1-256
…	…	…	…
33+J+K+L	Кадр L третьої УП	Рядок	1-256
34+J+K+L	Кількість кадрів четвертої УП	Ціле число	2
35+J+K+L	Кадр 1 четвертої УП	Рядок	1-256
…	…	…	…
34+J+K+L+M	Кадр M четвертої УП	Рядок	1-256
35+J+K+L+M	Кількість кадрів п'ятої УП	Ціле число	2
36+J+K+L+M	Кадр 1 п'ятий УП	Рядок	1-256
…	…	…	…
35+J+K+L+M+N	Кадр N четвертої УП	Рядок	1-256

Структура графічного інтерфейсу користувача

Симулятор виконується у повноекранному графічному режимі. Розміри структурних елементів графічного інтерфейсу адаптивно змінюються залежно від формату (співвідношення сторін) екрана. Таким чином, виконання програми можливе на екранах з різним співвідношенням сторін, як наближеним до 1,0 (роздільна здатність 1024x768, 1280x1024 та ін), так і до 2,0 (роздільна здатність 1920x1080, 2160x1080 та ін.).

Взаємодія з елементами графічного інтерфейсу здійснюється за допомогою стандартної комп'ютерної миші (при роботі на настільному комп'ютері) або через сенсорну взаємодію з екраном (при роботі на інтерактивній дошці, планшетному комп'ютері або смартфоні).

Головний екран програми представлений тривимірною сценою, основним об'єктом якої є графічна полігональна модель токарного верстата, яка розміщена в умовному просторовому оточенні (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Вигляд головного екрана програми

Протягом усього сеансу роботи з програмою у правій частині екрана відображається навігаційна панель. Перша (зверху донизу) кнопка панелі призначена для виклику діалогу завершення програми. Діалоговий екран

завершення роботи програми виводить попереджувальну інформацію про можливу втрату даних, якщо поточний проект не було збережено у файл. Закриття діалогового екрана здійснюється повторним натисканням на відповідну кнопку навігаційної панелі. Друга кнопка навігаційної панелі викликає діалоговий екран вбудованого менеджера файлів (рис. 4.3). Елементами даного діалогового екрану є три вертикально розташовані кнопки: «Новий проект», «Відкрити проект» та «Зберегти проект». Перша (згори донизу) функціональна кнопка здійснює скидання всіх параметрів поточного проекту до значень за замовчуванням. Ця дія супроводжується додатковим діалогом підтвердження. Друга кнопка виводить на екран елементи файлової системи у найбільш традиційному поданні (рис. 4.4).

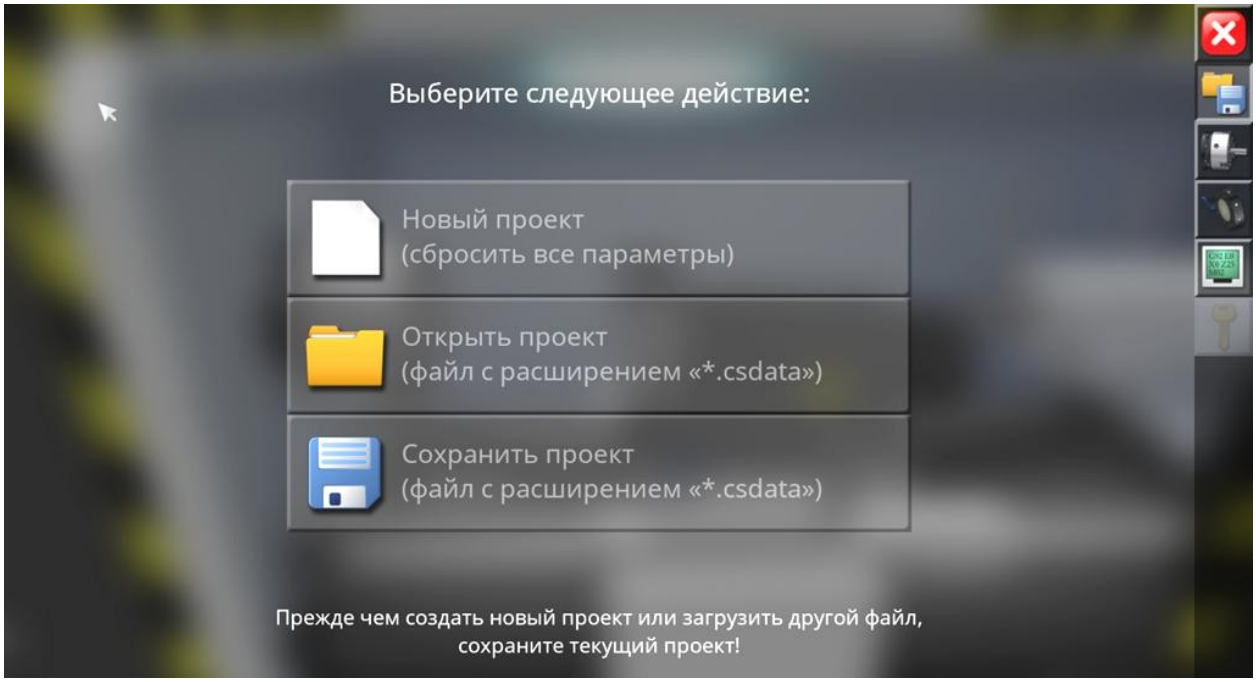


Рис. 4.3. Діалоговий екран вбудованого менеджера файлів

У лівій частині діалогового екрана відкриття файлу представлено перелік каталогів. Кореневий каталог створюється у системі при інсталяції програми. Доступ до каталогів, що розташовані вище кореневого за ієрархією, за допомогою вбудованого менеджера файлів не здійснюється.

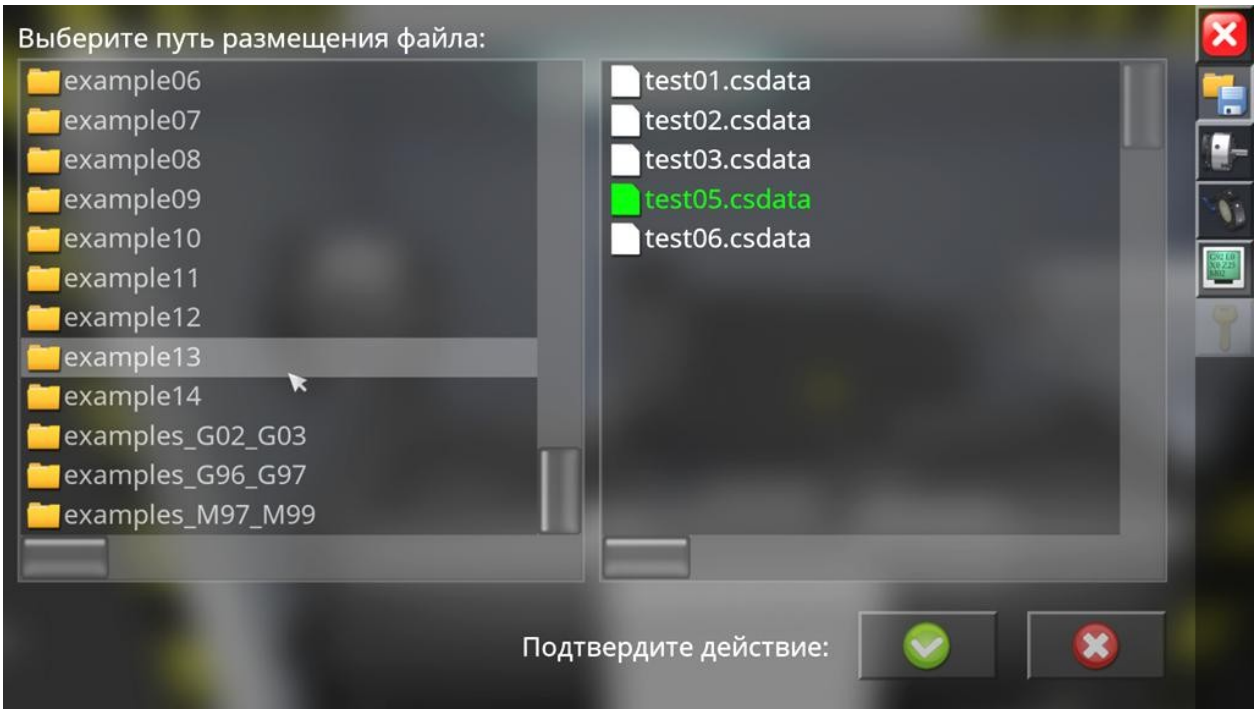


Рис. 4.4. Діалоговий екран відкриття файлу проекту

У правій частині діалогового екрана відкриття файлу представлений список файлів активного каталогу. Файли відфільтровані за розширенням, що відповідає типу файлів програми (файли, що мають інше розширення, у списку не відображаються).

Навігація в структурі каталогів здійснюється шляхом одинарного кліку мишею (або натискання на сенсорний екран) за назвою каталогу в списку. Повернення на верхній ієрархічний рівень здійснюється кліком по верхньому порожньому рядку з відповідною піктограмою (рис. 4.5).

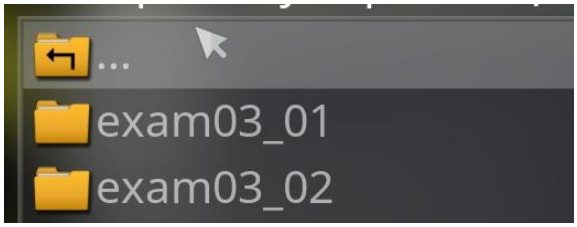


Рис. 4.5. Зображення рядка повернення на верхній рівень каталогів

Вибір файлу здійснюється аналогічним одинарним кліком за назвою файлу у правому списку. Назва вибраного файлу відображається яскравим зеленим кольором (рис. 4.6).

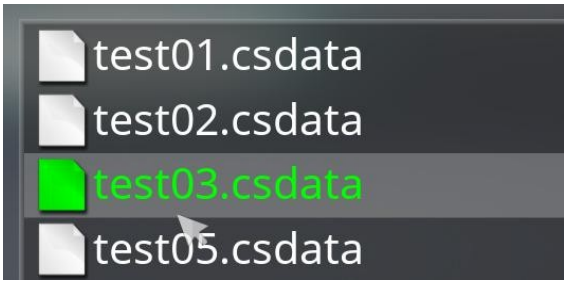


Рис. 4.6. Виділення назви кольором під час вибору файлу

Списки каталогів та файлів оснащені вертикальною та горизонтальною смугами прокручування, що дозволяють вміщувати будь-яку кількість елементів списку у полі фіксованих розмірів.

Третя кнопка діалогового екрана менеджера файлів відображає діалоговий екран збереження файлу, аналогічний діалогу відкриття, але при цьому оснащений текстовим полем введення назви файлу (рис. 4.7).

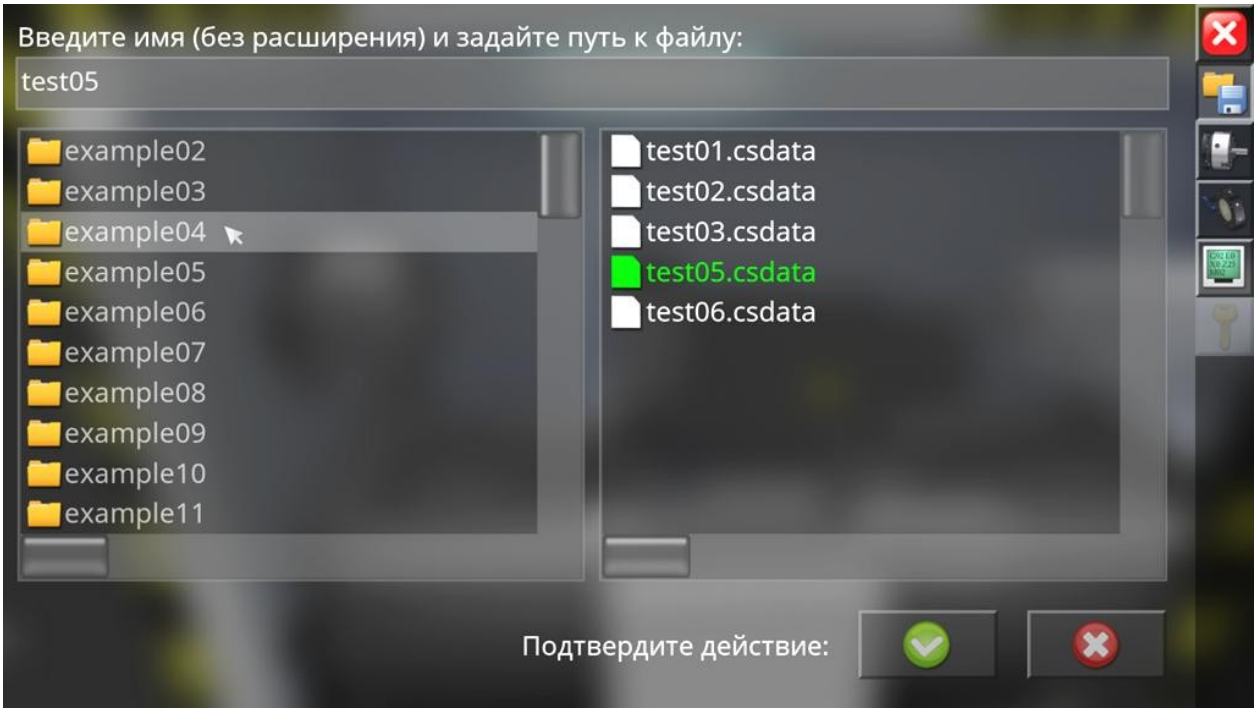


Рис. 4.7. Діалоговий екран збереження файлу проекту

Текстове поле, розташоване у верхній частині екрана, призначене для клавіатурного введення назви файлу. У разі роботи на пристрої без фізичної клавіатури передбачається використання віртуальної клавіатури, яка є компонентом операційної системи або автономним фоновим додатком. Введення імені файлу здійснюється без розширення. Під час введення тексту в полі підтримуються лише текстові та цифрові символи. Максимальна довжина тексту становить 128 символів. Якщо потрібно перезаписати існуючий файл проекту, його потрібно вибрати у списку файлів. При цьому в полі назви файлу з'явиться фактична назва вибраного файлу.

Підтвердження (або скасування) дії в діалогових екранах відкриття та збереження файлів здійснюється за допомогою відповідних кнопок, розташованих у нижньому правому куті екрана.

Третя кнопка навігаційної панелі викликає діалоговий екран налаштування параметрів заготовки (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Діалоговий екран налаштування параметрів заготівлі

Основними елементами екрана налаштування параметрів заготовки є поле розмірної прив'язки та панель параметрів заготовки. У полі розмірної прив'язки зображено робочу зону токарного верстата з видом зверху. На

умовному кресленні представлені основні рухомі вузли верстата: трикулачковий патрон, револьверна голівка та задня бабка (для довгих заготовок). За допомогою відповідних кнопок збільшення/зменшення числових значень перших чотирьох параметрів (на правій панелі) задаються основні розміри заготовки та її виліт із патрона (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4.

Основні змінні розмірні параметри заготівлі

Найменування параметра	Умовне позначення	Мінімальне значення	максимальне значення
Довжина, мм	L	80	500
Діаметр, мм	D	30	120
Довжина затисканої частини, мм	L4	20	140 (35 приD≥80)
Торцевий припуск, мм	L5	0	10

Параметри L1 і L2 є фіксовані розміри трикулачкового патрона, відкладені від точки машинного нуля, позначеної на кресленні літерою М. Параметр L3 являє собою фактичний виліт заготовки і залежить від заданих користувачем параметрів L, D і L4.

Група з десяти параметрів, розташованих у нижній частині правої панелі, призначена для зміни значень нульових коректорів верстата або, іншими словами, для позиціонування нулів W2-6 п'яти додаткових робочих систем координат, перемикання між якими здійснюється програмно за допомогою відповідних функцій G55-G59. Координати нулів додаткових систем координат відраховуються від точки машинного нуля. Основна робоча система координат з нулем W1 завжди позиціонується на правому торці заготовки, закріпленої в патроні, з урахуванням припуску первинну торцеву обробку L5. Робочі системи координат та їх нулі зображені на кресленні кольоровими осями та відповідними значками (рис. 4.9).

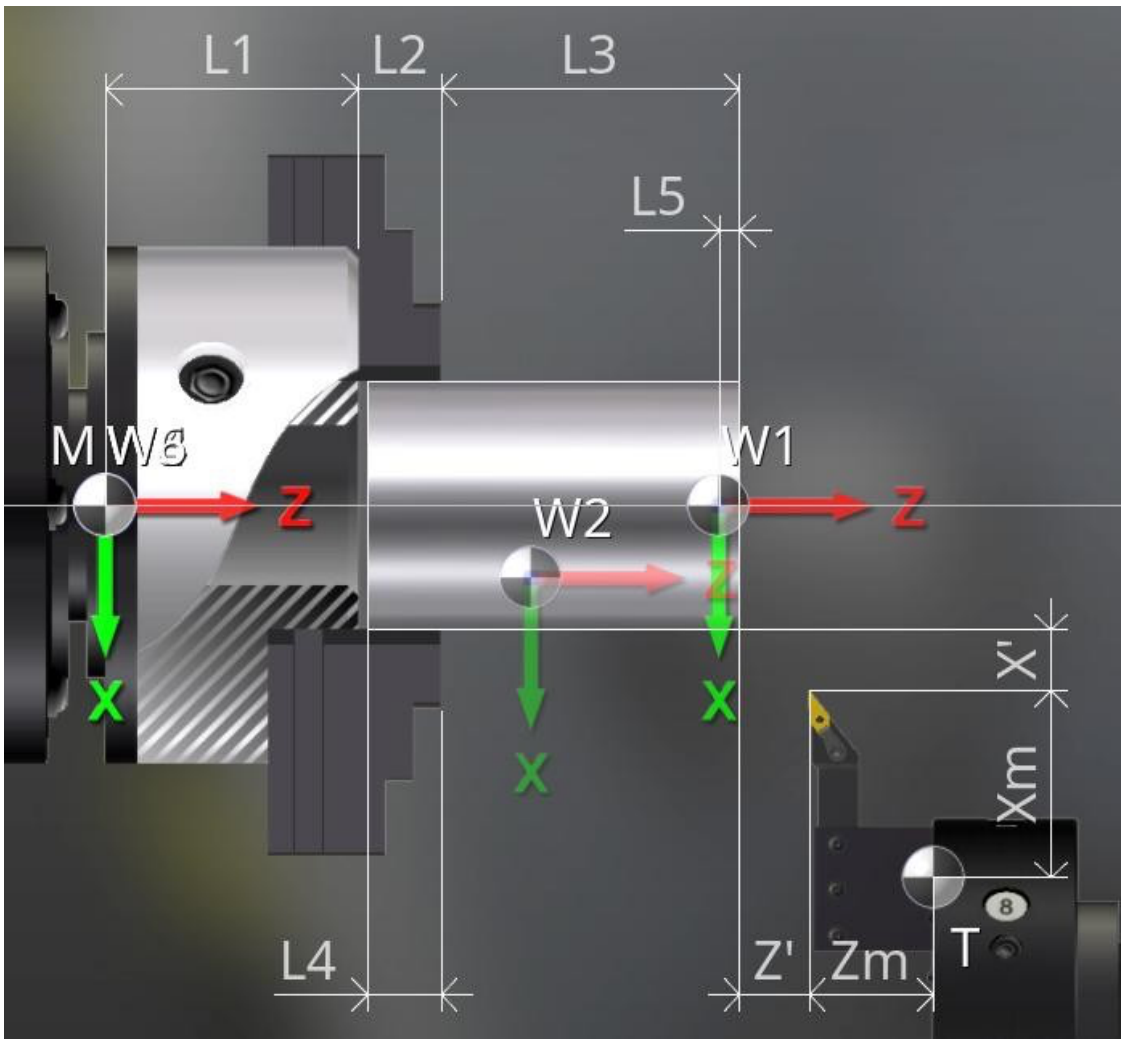
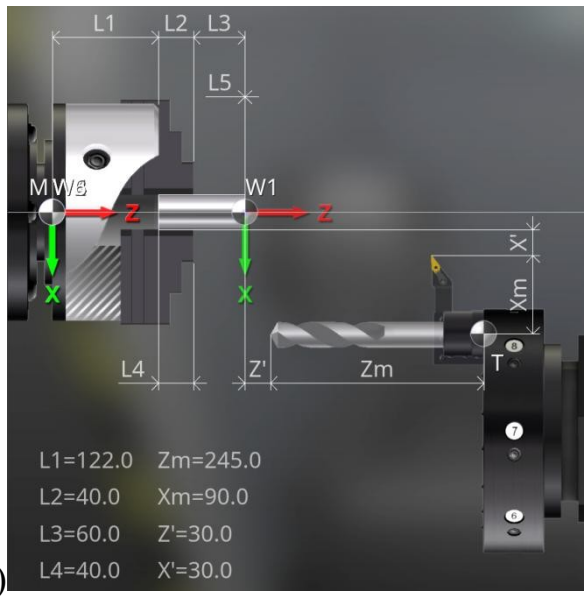


Рис. 4.9. Фрагмент креслення розмірної прив'язки.

Поряд із заготівлею в полі креслення розмірної прив'язки зображено револьверну головку із встановленим у неї інструментом. Якщо револьверна головка укомплектована осьовим інструментом, на кресленні одночасно зображуються свердло з номінальним поздовжнім вильотом Zm та різець для зовнішньої обробки з номінальним поперечним вильотом Xm (рис. 4.10.а). При використанні інструментів тільки для зовнішньої обробки осьовий інструмент на кресленні не відображається (рис. 4.10.б).

а)



б)

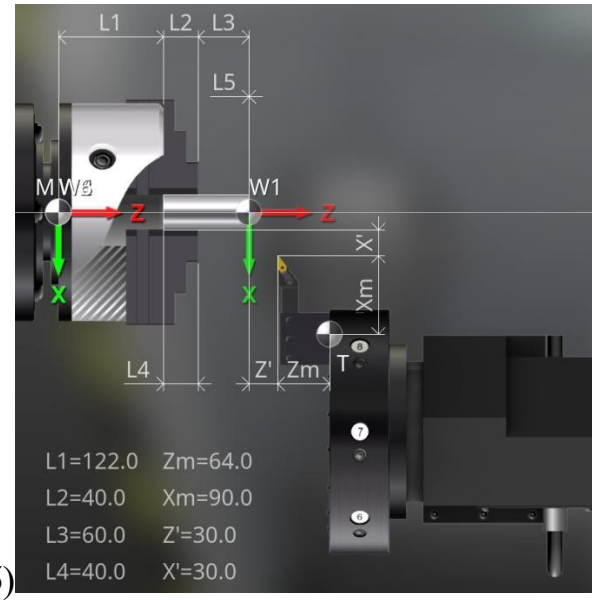


Рис. 4.10. Різні варіанти комплектації револьверної головки при використанні осьового інструменту (а) та без використання осьового інструменту (б)

Референтне положення револьверної головки визначається таким чином, щоб теоретичний інструмент з номінальними вильотами Zm і Xm мав безпечні поздовжній Z' та поперечний X' відступи від нижнього правого кута контуру заготовки в плані. Значення безпечних відступів Z' та X' не регулюються та становлять 30 мм.

При виставленні розмірів заготовки автоматично контролюється дотримання умови підтиснення довгих заготовок заднім центром. Так, якщо значення вильоту L3 перевищує 3 діаметри заготовки, у полі креслення

відображається піноль задньої бабки із встановленим у неї заднім центром. При зміні установки деталі після першої обробки переналагодження верстата щодо прив'язки заготовки та нулів робочих систем координат не проводиться.

Четверта кнопка навігаційної панелі викликає діалоговий екран налаштування параметрів інструмента (рис. 4.11). У лівій частині екрана представлений список (каталог) інструментів, що включає 185 найменувань різних інструментів для зовнішньої та внутрішньої обробки деталей. Кожна позиція списку починається з інтерактивної піктограми інструменту, що загалом характеризує форму пластини та рекомендовані напрямки робочих подач. Праворуч від піктограми інструменту йдуть порядковий номер та короткий текстовий опис інструменту, включаючи його геометричні характеристики та вид токарної обробки, в якій рекомендується використовувати цей інструмент. Список інструментів має вертикальну смугу прокручування.

У правій частині екрана налаштування параметрів інструменту зверху розташований ряд квадратних осередків із порядковими номерами з 1 по 8, що відповідає позиціям револьверної головки.

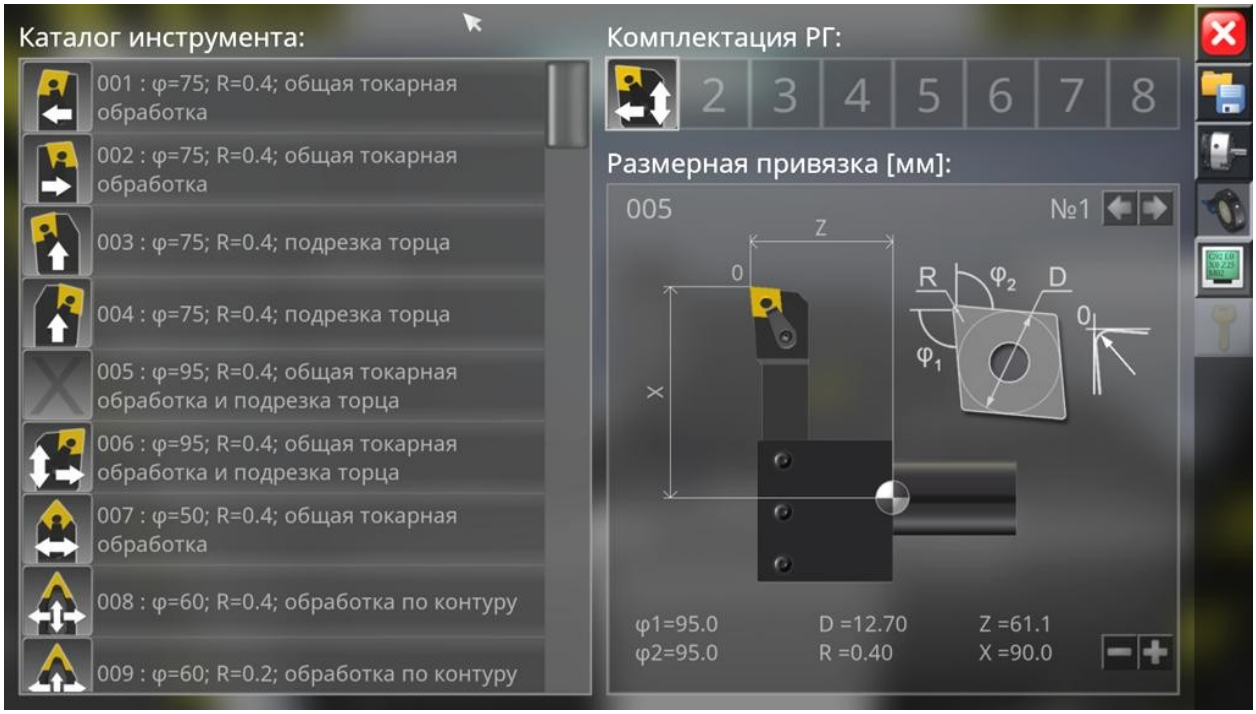


Рис. 4.11. Діалоговий екран налаштування параметрів інструменту

Для встановлення інструмента в потрібну позицію револьверної головки необхідно навести вказівник миші на піктограму із зображенням інструмента у списку, потім натиснути ліву кнопку миші, і, утримуючи її натиснутою, перемістити піктограму на вільний осередок у правій верхній частині екрана, після чого відпустити кнопку миші. Якщо інструмент переміщується на вже зайняту позицію, він буде автоматично повернений до каталогу. При роботі на пристрої з сенсорним екраном переміщення піктограм інструментів здійснюється аналогічним шляхом безперервного торкання екрана з переміщенням по екрану.

Повернення встановленого інструменту каталог здійснюється аналогічним переміщенням піктограми. При цьому піктограму інструмента, що повертається, достатньо перемістити в будь-яку область поля списку інструментів.

Для перестановки вже встановленого інструменту з однієї позиції в іншу (вільну або зайняту іншим інструментом) достатньо перемістити піктограму в межах блоку позицій револьверної головки. Якщо при цьому комірка, в яку переміщується інструмент, вже зайнята іншим інструментом, ці інструменти будуть поміняні місцями.

Нижче блоку позицій револьверної головки представлений креслення розмірної прив'язки інструменту, що відображає модель інструменту і оснастки в плані, фактичні значення поздовжнього та поперечного вильотів, а також геометричну схему ріжучої пластини в плані.

Положення точки нуля інструменту, позначеного відповідним значком, не підлягає зміні, і відповідає центру отвору площині лицьової поверхні револьверної головки.

Вильоти інструменту можуть змінюватися залежно від типу інструменту за допомогою кнопок збільшення/зменшення значення вильоту, розміщених у правій нижній частині поля креслення розмірної прив'язки (Рис. 4.12). Для зовнішніх інструментів змінюється поперечний виліт по осі

X у меншу сторону, а осьових інструментів – поздовжній виліт по осі Z у більшу чи меншу сторону.

Налаштування вильотів інструментів є одним із етапів налагодження верстата. Укорочення вильоту осьових інструментів шляхом їх заглиблення в порожнину технологічного оснащення (і, відповідно, револьверної головки) дозволяє розширити межі робочого простору верстата при обробці зовнішньої поверхні поблизу патрона за умови, що в револьверній головці закріплені як осьові інструменти, так і для зовнішньої обробки.

Перемикання між інструментами, встановленими в револьверну головку, здійснюється за допомогою відповідних кнопок «вліво»/«вправо», розміщених у верхньому правому куті поля креслення розмірної прив'язки. Основні геометричні параметри інструмента відображаються у нижній частині креслення.

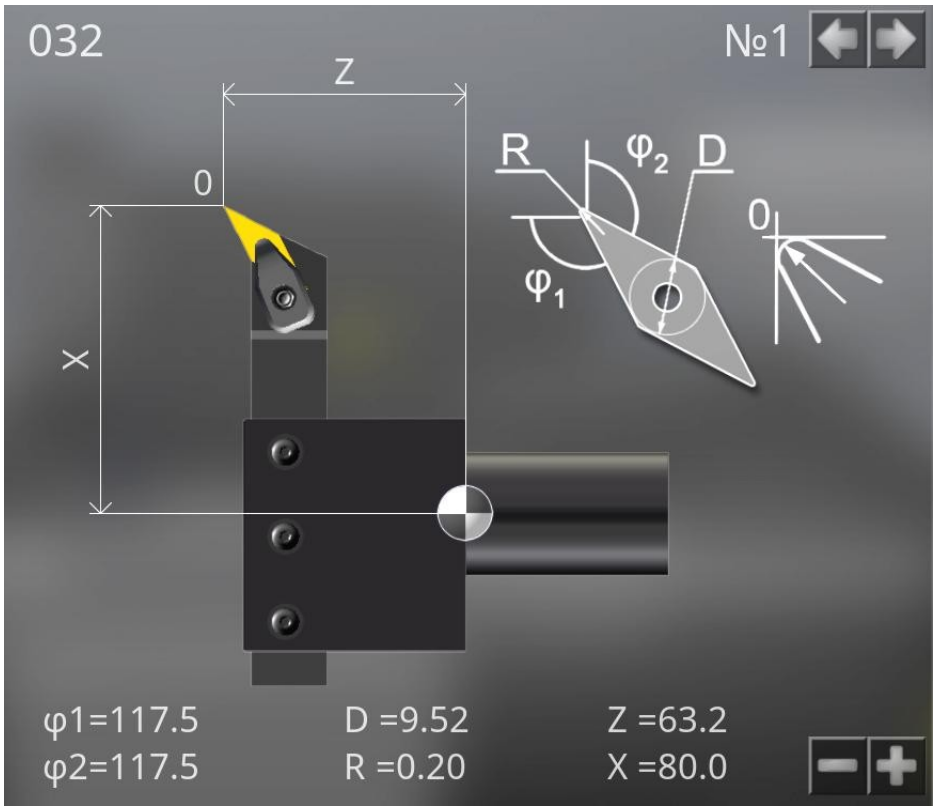


Рис. 4.12. Вид креслення розмірної прив'язки інструменту

Осьовий інструмент не використовується у разі стиснення заготовки заднім центром. При цьому якщо револьверна головка попередньо

укомплектована осьовим інструментом, а розміри заготовки змінюються в другу чергу, внаслідок чого задіяний задній центр, осьовий інструмент автоматично повертається до каталогу. Щоб уникнути даної ситуації, комплектацію револьверної головки слід проводити після розмірної прив'язки заготовки.

П'ята кнопка навігаційної панелі відображає на головному екрані симулятора вбудований текстовий редактор керуючих програм (рис. 4.13). Текстовий редактор має у верхній частині панель функціональних кнопок, необхідних роботи з кодом керуючої програми верстата. Основну частину текстового редактора займає текстове поле, оснащене вертикальною та горизонтальною смугами прокручування. У правій нижній частині редактора розташована кнопка відображення/приховування віртуальної клавіатури.

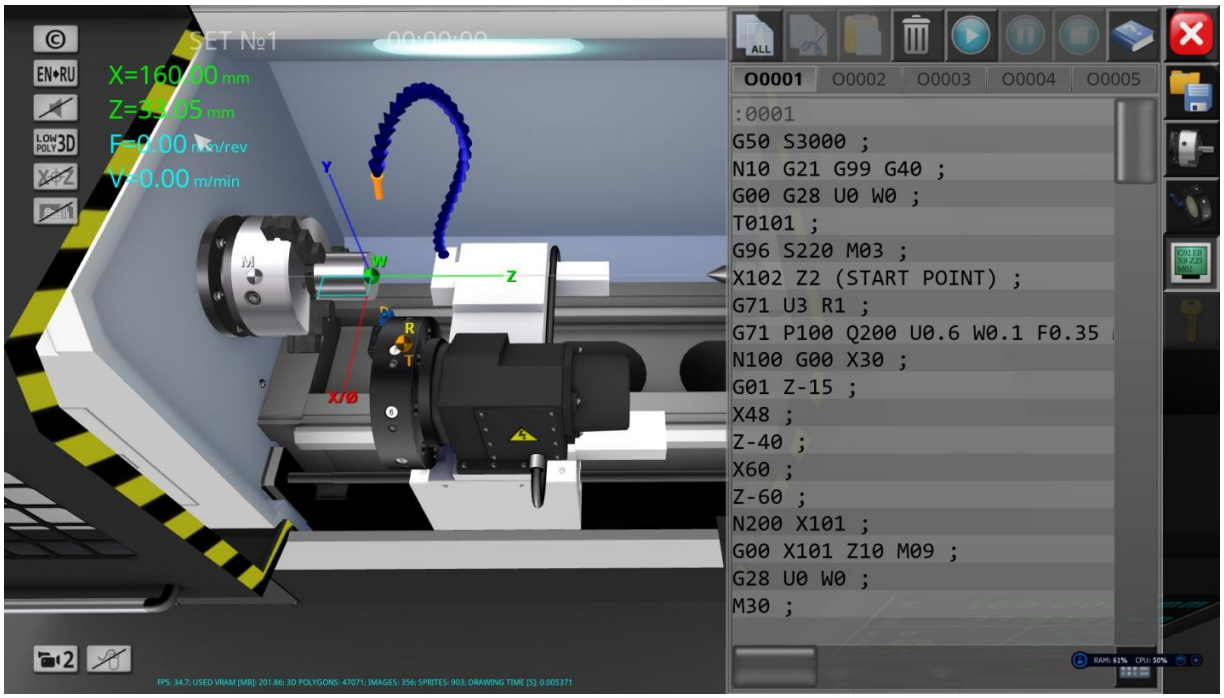


Рис. 13. Вигляд головного екрана симулятора з відкритим редактором програм управління

Набір тексту в текстовому полі може здійснюватися як за допомогою фізичної, так і віртуальної клавіатури (рис. 4.14).

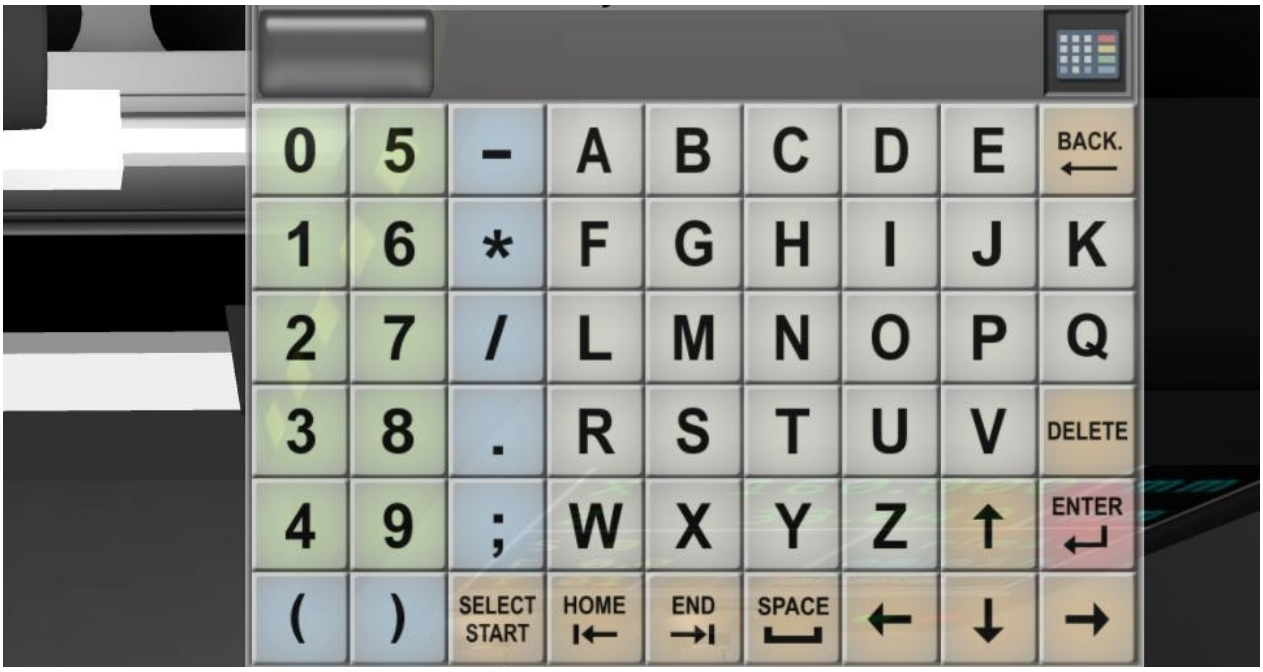


Рис. 4.14. Віртуальна клавіатура для набору тексту в редакторі коду

Основні операції з редагування тексту в редакторі коду аналогічні операціям редагування тексту в стандартному текстовому редакторі Блокнот операційної системи Microsoft Windows. Редактор дозволяє здійснювати стандартні операції з редагування тексту, включаючи передачу даних через системний буфер обміну (операції копіювання, вирізування та вставлення фрагментів тексту). Виділення фрагментів тексту здійснюється трьома способами, включаючи операції курсорними клавішами фізичної клавіатури (з натиснутою клавішею Shift), кнопками миші та сенсорної взаємодії з екраном (за допомогою спеціальної кнопки Select Start віртуальної клавіатури).

Панель функціональних кнопок текстового редактора містить 8 кнопок (рис. 4.15), статус активності яких залежить від поточного стану процесу симуляції, а також наявності виділеного фрагмента тексту.

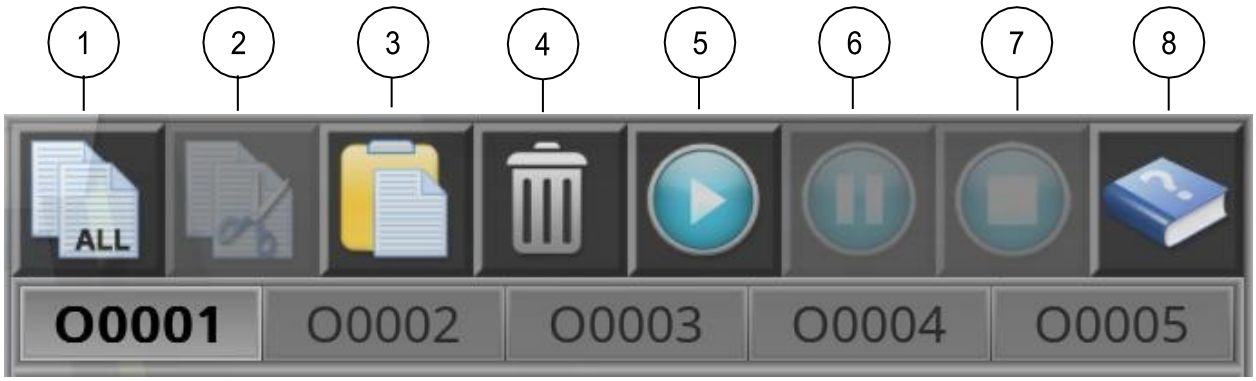


Рис. 415. Панель функціональних кнопок редактора коду

Якщо в тексті програми, що управляє, не виділено жодного фрагмента, кнопка

"Копіювати" (1) має додатковий напис "ALL". Це означає, що при натисканні на цю кнопку в буфер обміну буде скопійовано весь текст програми, що управляє. Інакше (за наявності виділеного фрагмента тексту) у буфер обміну копіюється лише виділений текст. Кнопка «Вирізати» (2) активується за наявності виділеного фрагмента тексту. При натисканні на кнопку здійснюється стандартна операція копіювання з подальшим видаленням виділеного фрагмента з тексту. Кнопка «Вставити» (3) активується за наявності тексту у буфері обміну. Вставка здійснюється в позицію знаходження мерехтливого курсору (каретки). Якщо у тексті виділено фрагмент, цей фрагмент тексту замінюється. Кнопка «Видалити» (4) призначена для миттєвого видалення тексту керуючої програми з підтвердженням. Кнопки "Пуск", "Пауза", "Стоп" (5-7) призначені для управління процесом симуляції. Для початку виконання керуючої програми необхідно натиснути кнопку «Пуск». У процесі симуляції редагування програми, що управляє, недоступне. Кнопка «Довідник використовуваних кодів» (8) призначена для виведення на екран переліку використовуваних G/M-кодів з коротким описом їх формату.

Нижче на панелі функціональних кнопок текстового редактора керуючих програм розташовано 5 інтерактивних вкладок з назвами керуючих програм поточного проекту. За допомогою цих вкладок здійснюється

перемикання між програмами, що управляють. При запуску процесу симуляції виконується поточна відкрита програма керування.

У лівій частині головного екрана симулятора знаходяться додаткові функціональні кнопки (рис. 4.16), які відповідають різні налаштування програми.

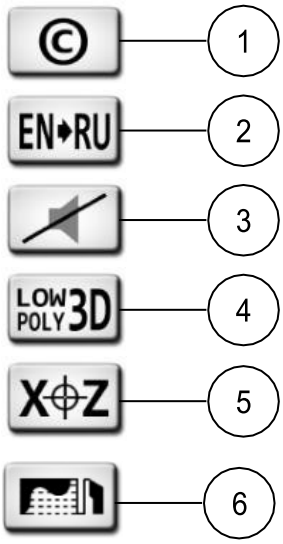


Рис. 4.16. Додаткові функціональні кнопки на головному екрані програми

Кнопка «Про програму» (1) відображає на екрані інформацію про поточну версію програми, контактну інформацію розробника та ліцензійну інформацію. Кнопка "Переключення мови" (2) призначена для перемикання мовних налаштувань графічного інтерфейсу програми. Залежно від поточної мови зображення на кнопці змінюється. За замовчуванням, після інсталяції програма працює в режимі англійської мови. Кнопка «Увімкнення/Вимкнення звуку» (3) використовується для увімкнення/вимкнення звукового супроводу процесу симуляції. Кнопка "Переключення режиму графіки" (4) призначена для перемикання режиму відображення 3D моделі верстата та оточення. При цьому є два режими відображення – режим високополігональної графіки (за замовчуванням) та режим низькополігональної графіки, призначений для приховання другорядних графічних елементів. У режимі низькополігональної графіки геометрична модель верстата суттєво спрощена та показана монокольорними

напівпрозорими блоками. В даному режимі не відображаються графічні текстури, відсутня імітація оточення, мастильно-охолоджуючої рідини та стружки. Режим низькополігональної графіки використовується у випадку, якщо необхідно сконцентрувати увагу користувача на контурі деталі, що обробляється, і траєкторіях переміщення інструменту. Залежно від поточного графічного режиму, зображення на кнопці змінюється. Кнопка «Вимкнення/Вимкнення 2D геометрії» (5) призначена для включення/вимкнення двовимірних геометричних побудов у тривимірному просторі симулятора. Під 2D геометрією розуміються такі графічні елементи, як координатні осі, значки нульових точок та контури оброблюваної деталі та інструменту. При обробці внутрішніх поверхонь деталі (свердлінні та розточуванні) відображення 2D контуру деталі найбільш повною мірою сприяє візуальному контролю процесу обробки внутрішніх поверхонь. Кнопка «Увімкнення/Вимкнення траєкторій переміщення інструменту» (6) призначене для увімкнення/вимкнення функції відображення траєкторій переміщення різців та звірів у площині різання. Розрахунок траєкторії переміщення кожного встановленого в револьверну головку інструменту здійснюється з моменту запуску симуляції до моменту завершення. Траєкторії відображаються суцільними кольоровими лініями.

Також на головному екрані програми відображається додаткова текстова інформація: номер поточної установки деталі, час симуляції, координати розрахункової точки різця, параметри швидкісного режиму обробки. Якщо в процесі симуляції текстовий редактор керуючих програм закритий, у верхній частині головного екрана відображаються кнопки управління процесом симуляції «Пуск», «Пауза», «Стоп» та рядок поточного кадру, що виконується (рис. 4.17).

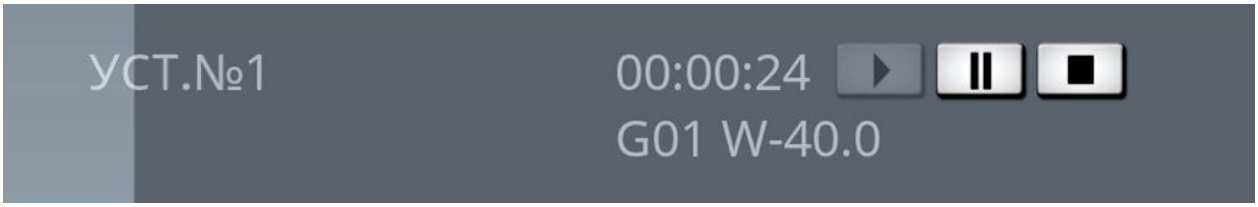


Рис. 4.17. Додаткові елементи головного екрана програми у процесі симуляції при закритому текстовому редакторі

Після обробки деталі з першої установки в лівій частині головного екрана відображається додаткова кнопка зміни установки (рис. 4.18.а). Після зміни установки з першого на другий контур деталі дзеркально відображається щодо центру мас вихідної заготовки у напрямку осі Z, і на екрані відображаються додаткові три кнопки поздовжнього зміщення деталі (рис. 4.18.б). Натискання на кнопку 1 призводить до дискретного поздовжнього зміщення деталі вліво (у бік машинного нуля). Натискання на кнопку 2 призводить до усунення деталі вправо.

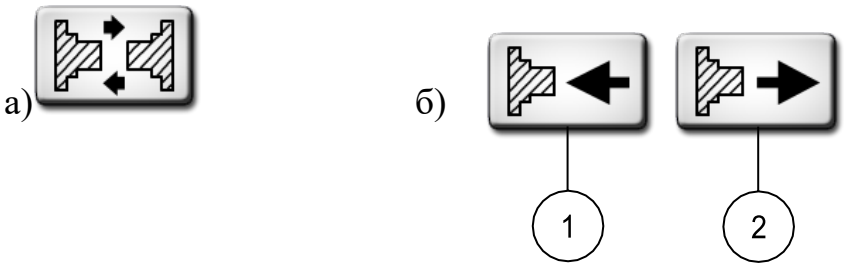


Рис. 4.18. Додаткові кнопки налаштування установки деталі

Повторний виклик діалогового екрана параметрів заготовки після обробки деталі з першої установки ініціює діалоговий екран підтвердження скидання змін контуру деталі.

У нижній частині головного екрану програми дрібним шрифтом відображається системна інформація про ресурси: поточне значення кадрової частоти (Frame Per Second), обсяг використовуваної відеопам'яті в мегабайтах, кількість полігональних фасетів, що одноразово відображаються на екрані, кількість завантажених в пам'ять рисунків, кількість використовуваних графічних спрайтів і час промальовування одного повноекранного кадру в секундах.

У нижньому лівому куті головного екрана розташована кнопка перемикання режиму віртуальної камери (рис. 4.19). На кнопці зображено номер цільового (наступного за рахунком) режиму камери, на який буде переключено екран. Усього передбачено 5 режимів роботи камери.



Рис.4. 19. Кнопка перемикання режиму віртуальної камери у різних варіантах відображення

Режим №1 віртуальної камери є керованим. При цьому камера переміщується у сферичній системі координат навколо точки фокусування (рис. 4.20). Точка фокусування камери може переміщатися у вертикальній передній площині простору моделі. Крім того, камера може дистанціюватися щодо точки фокусування на довільну відстань, обмежену габаритами простору.

Основні маніпуляції з камерою в режимі №1 здійснюються за допомогою комп'ютерної миші (сенсорне керування описано нижче). При цьому натискання та утримування лівої кнопки миші з супутнім переміщенням миші призводить до переміщення точки фокусування камери у передній площині простору. Натискання та утримання правої кнопки миші з супутнім переміщенням миші призводить до обертання камери щодо точки фокусування. Кути обертання (азимут та елевація) камери обмежені габаритами простору моделі. Зміна дистанції камери здійснюється обертанням колеса прокручування у прямому та зворотному напрямках.

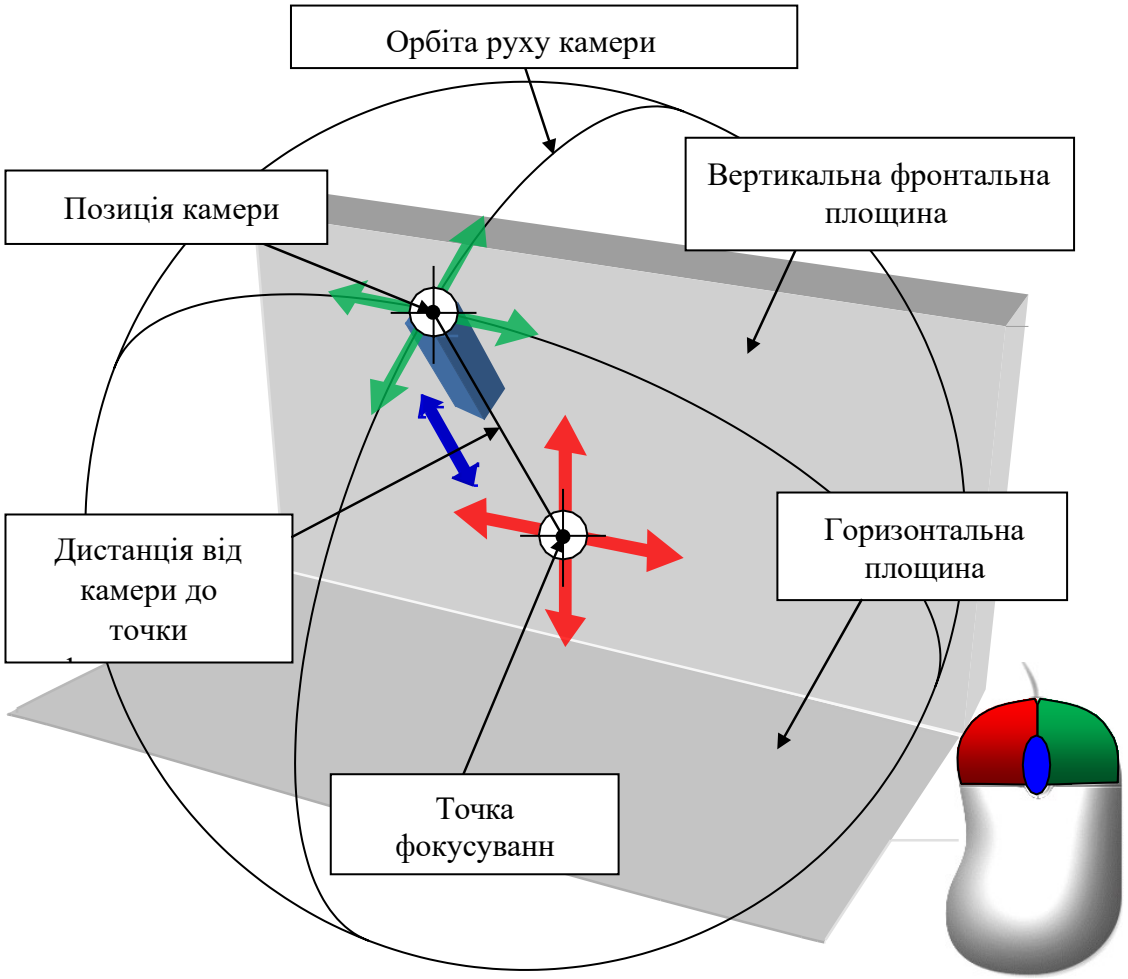


Рис. 4.20. Схема керування камерою в режимі №1

Праворуч від кнопки перемикання режиму камери (в режимі №1) відображається кнопка вимкнення керування камерою за допомогою миші (рис. 4.21.а).

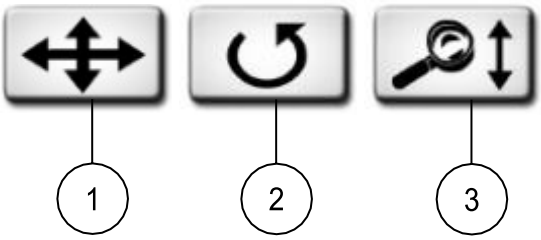
а)  б) 

Рис. 4.21. Кнопка перемикання режиму віртуальної камери у різних варіантах відображення

При відключенні управління камерою за допомогою миші в нижній частині головного екрана відображається група кнопок-перемикачів (рис. 4.21.б) для здійснення сенсорного управління камерою в режимі №1. Кнопка 1 активує операцію зміщення точки фокусування камери, кнопка 2 – операцію обертання камери щодо точки фокусування, а кнопка 3 – операцію зміни дистанції від камери до точки фокусування відповідно. Самі маніпуляції у своїй здійснюються шляхом взаємодії із сенсорним экраном.

Режими камери №2-4 призначені для позиціонування камери точки з фіксованим ракурсом. Режим №2 позиціонує камеру над вершиною інструмента (вид зверху). Перспективні спотворення камери в даному режимі вимкнені (використовується ортогональна проекція). У режимі №3 камера працює у ізометрії. Режим №4 фіксують камеру додаткової точки огляду. Режим №5 призначений для перегляду форми деталі, що обробляється, крупним планом.

Усі налаштування програми, включаючи положення камери, зберігаються після завершення роботи.

У симуляторі не імітується програмне забезпечення системи ЧПУ. Панель керування верстатом представлена умовним дисплеєм, на якому у процесі симуляції виводиться основна технологічна інформація (рис. 4.22). У верхній лівій частині дисплея представлені поточні координати розрахункової точки різця по осях X і Z. Це координати програмованої точки, що лежить на траєкторії переміщення інструменту, в поточний момент часу. У вихідному стані дані значення представлені у міліметрах. При програмній зміні системи вимірювання координати (а також значення подачі) відображаються в дюймах. Одиниці виміру відображаються праворуч від самих числових значень координат. Усі поперечні переміщення програмуються на діаметр заготовки. Тому координатні осі X та Z мають різний масштаб.

У нижній лівій частині дисплея відображаються (жовтим кольором) поточні технологічні параметри: частота обертання шпинделя S (об/хв), робоча подача F (мм/хв) і номер поточної позиції револьверної головки T.

У правій нижній частині дисплея розташовано 6 осередків для відображення активних модальних функцій системи ЧПУ. Зліва направо в осередках відображаються такі функції: напрямок обертання шпинделя M03/M04, робота системи СОЖ M07–M09, поточна робоча система координат G53–G59, тип робочої подачі G98/G99 та тип інтерполяції G00–G03.



Рис. 4.22. Зовнішній вигляд дисплея СЧПУ імітаційної моделі верстата

4.2. Лабораторні роботи. Програма «Swan Soft NC Simulation»

Мета: вивчення інтерфейсу програми. Набуття навичок роботи в середовищі «Swan Soft NC Simulation».

Лабораторна робота № 1. Інтерфейс запуска мережевої версії «Swan Soft NC Simulation»

Мета: ознайомитись і навчитись самостійно налаштовувати початкові параметри середовищі «Swan Soft NC Simulation».

Хід роботи

Завантажити дистрибутив програми за посиланням https://skachat.freedownloadmanager.org/Windows-PC/Swansoft-CNC-Simulator/FREE-7.2.5.2.html

Ознайомтесь з інтерфейсом та можливостями програми за посиланням https://www.youtube.com/watch?v=d7Wh13-D7k0&ab_channel=cncSimulator

https://youtu.be/v5drrKLGOco

Порядок виконання роботи.



1) Виберіть режим «МЕРЕЖА» у лівій стороні вікна.

2) Виберіть необхідне ім'я системи ЧПУ у верхньому списку праворуч.

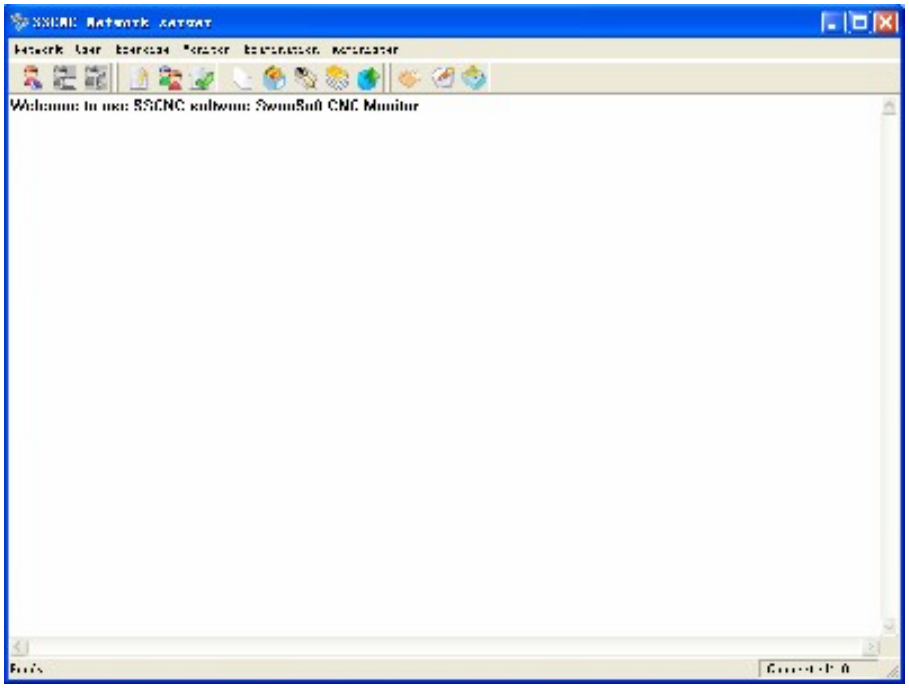
3) Виберіть своє ім'я користувача та введіть пароль в наступні два поля.

4) Виберіть між «Запам'ятати мій ID» і «Запам'ятати пароль».

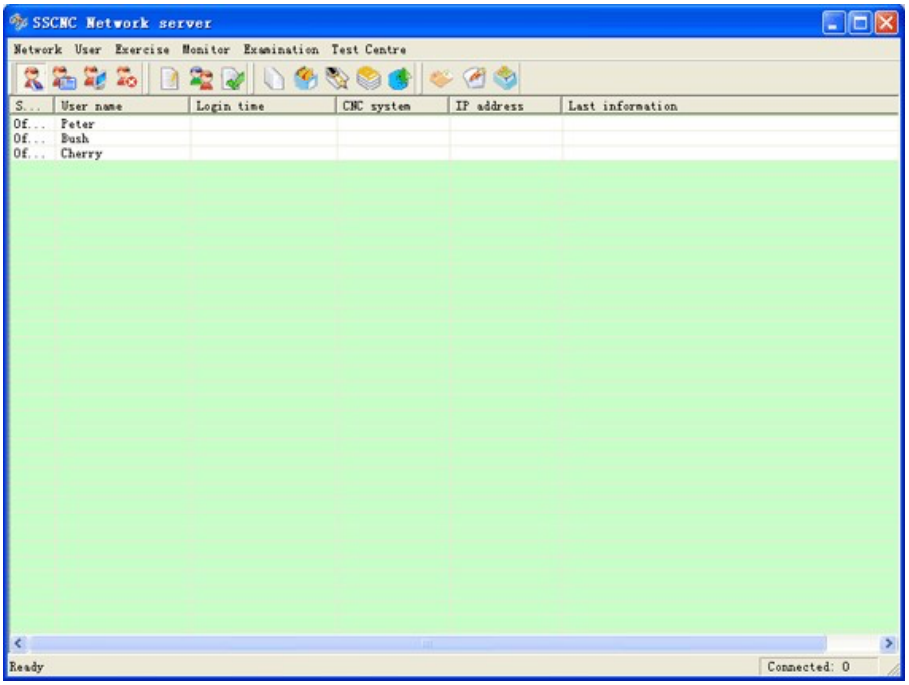
5) Введіть IP-адресу сервера.

6) Натисніть кнопку Вхід для входу до інтерфейсу системи.

7) Запустіть SSCNCSRV.exe для входу в головний інтерфейс SERVER.



8) Після натискання на піктограму "CUSTOM STATUS"  в панелі інструментів, вона покаже всі індивідуальні статуси.



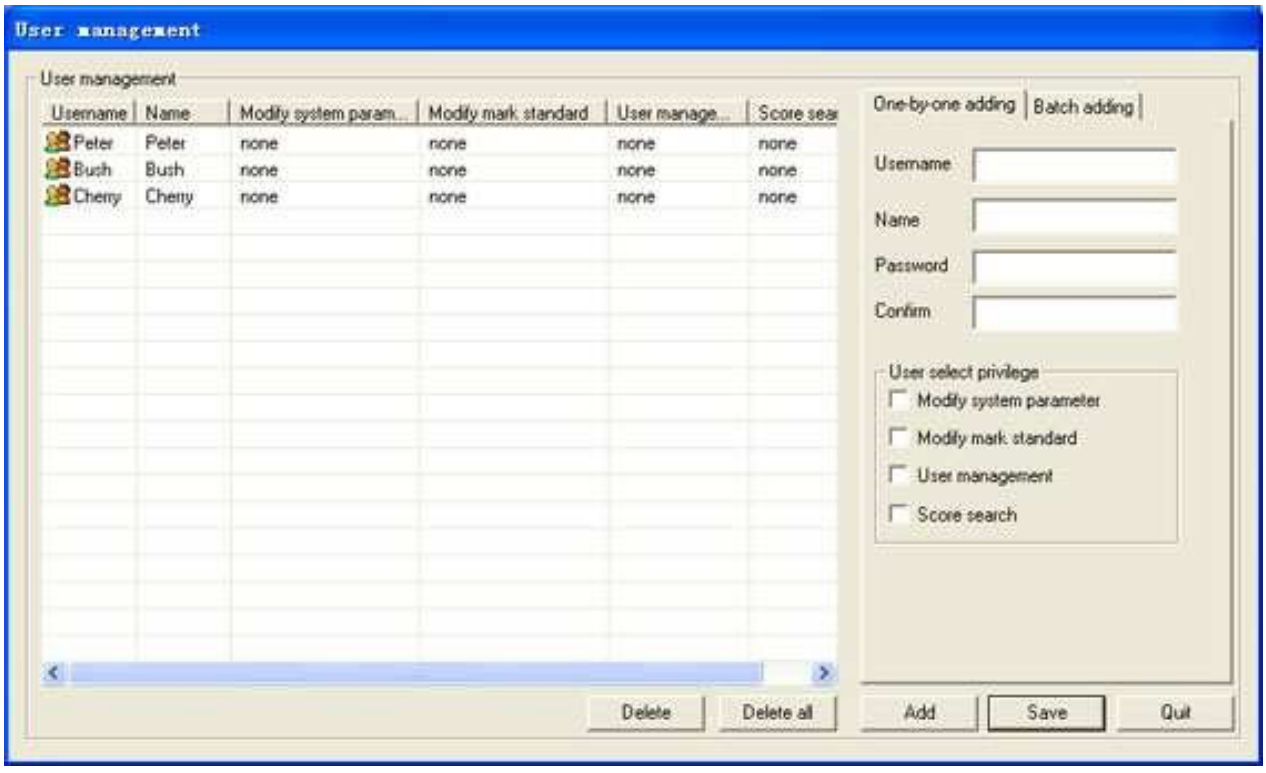
9) Виберіть користувача в призначеному для користувача список статусу, а потім натисніть кнопку "Налаштування ПК викладача" , щоб встановити комп'ютера викладача.

10) Після натискання на піктограму *"ІНДИВІДУАЛЬНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ"* , вискочить діалогове вікно *"ІНДИВІДУАЛЬНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ"*.

Додавати для користувача ім'я та його авторитет в діалоговому вікні можливо «по одному» або «по пакетам».

А) В шаблоні «по одному», введіть ім'я користувача, ім'я, секретний код і код підтвердження, а також ви можете встановити необхідні повноваження, після чого натисніть клавішу SAVE.

Б) У пакетному шаблоні, введіть початок нумерацію і числі користувачів, а також ви можете встановити необхідні повноваження і натиснути клавішу SAVE.



Завдання:

1) Відкрийте програму «Swan Soft NC Simulation» та налаштуйте в діалогову вікні відповідні параметри, які необхідні для правильної роботи в самій програмі.

2) Запустіть програму після налаштування параметрів відкрийте і покажіть всі «індивідуальні статуси».

3) Використовуючи кнопку "Налаштування ПК викладача" встановіть параметр «Комп'ютер викладача».

4) Додайте ім'я користувача одним із способів: «по одному» або «по пакетам».

Лабораторна робота № 2. Запуск інтерфейсу версії «одинична машина»

Мета: ознайомитись і навчитись запускати інтерфейс версії «Одинична машина» а також застосовувати інтерфейс для створення будь якої деталі.



Порядок виконання.

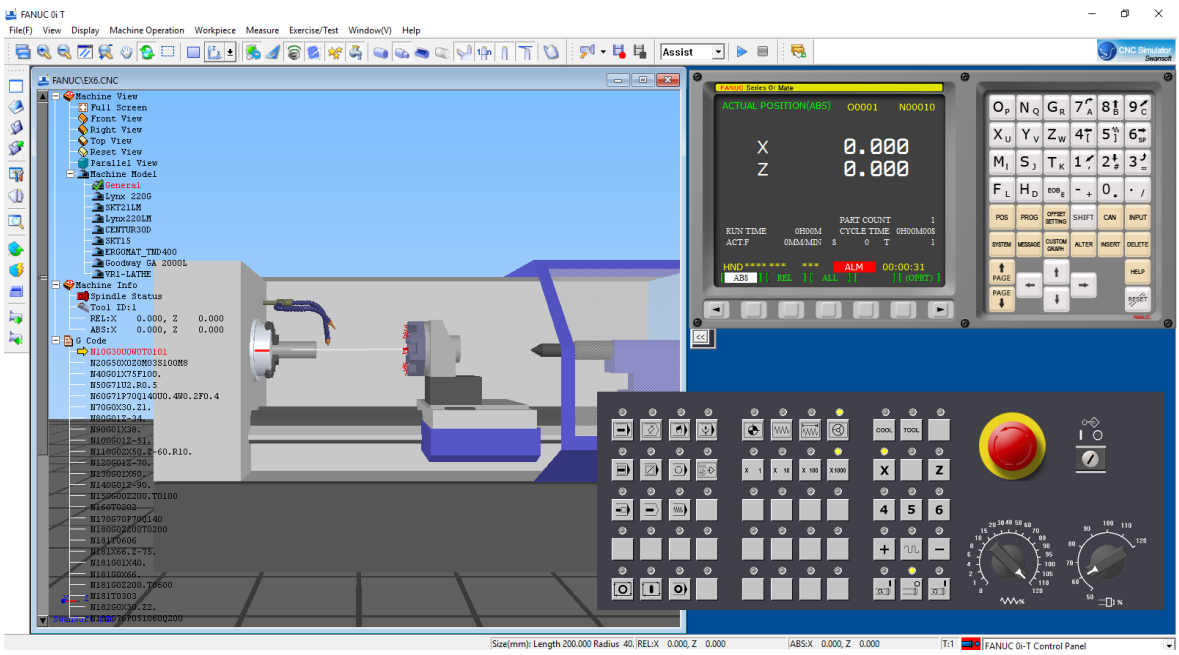
1) Виберіть режим симуляції ОДИНОЧНОЇ МАШИНИ в лівій стороні вікна.

2) Виберіть назву необхідної системи в правому списку.

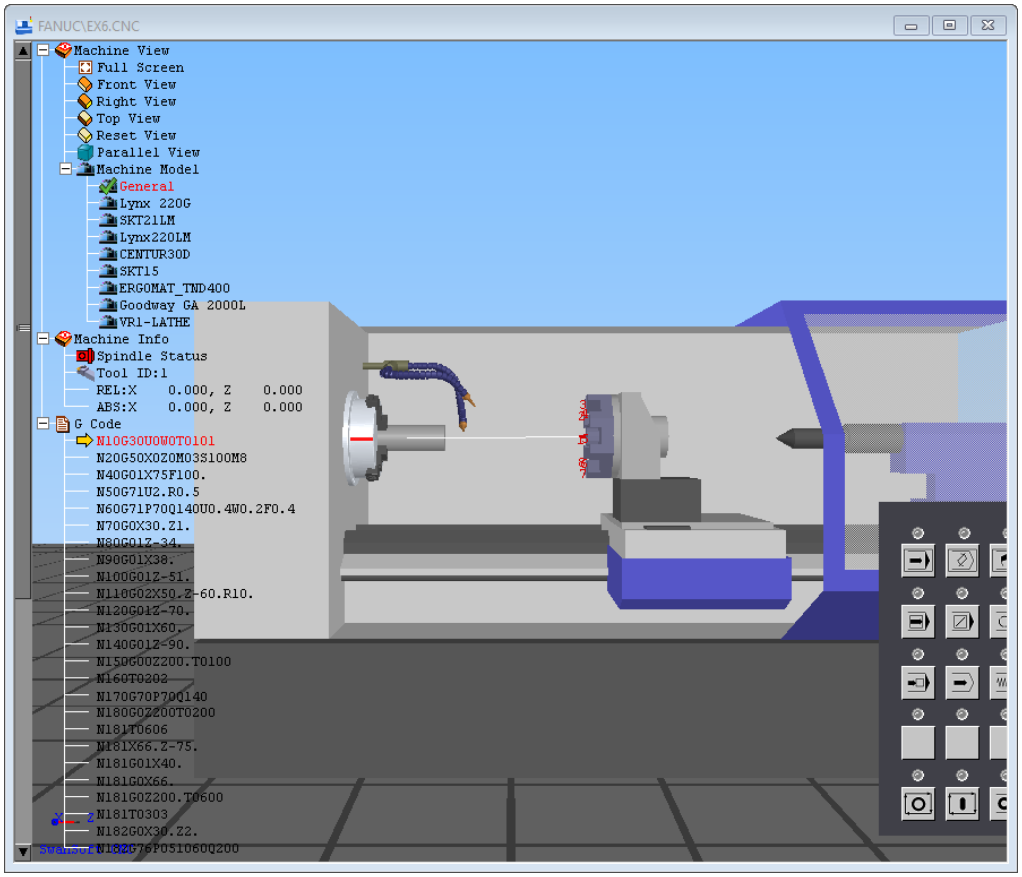
3) Виберіть один варіант між шифруванням PC і шифрування Soft dog.

4) Натисніть кнопку Виконати для входу інтерфейсу системи.

Головне вікно програми SSCNC:



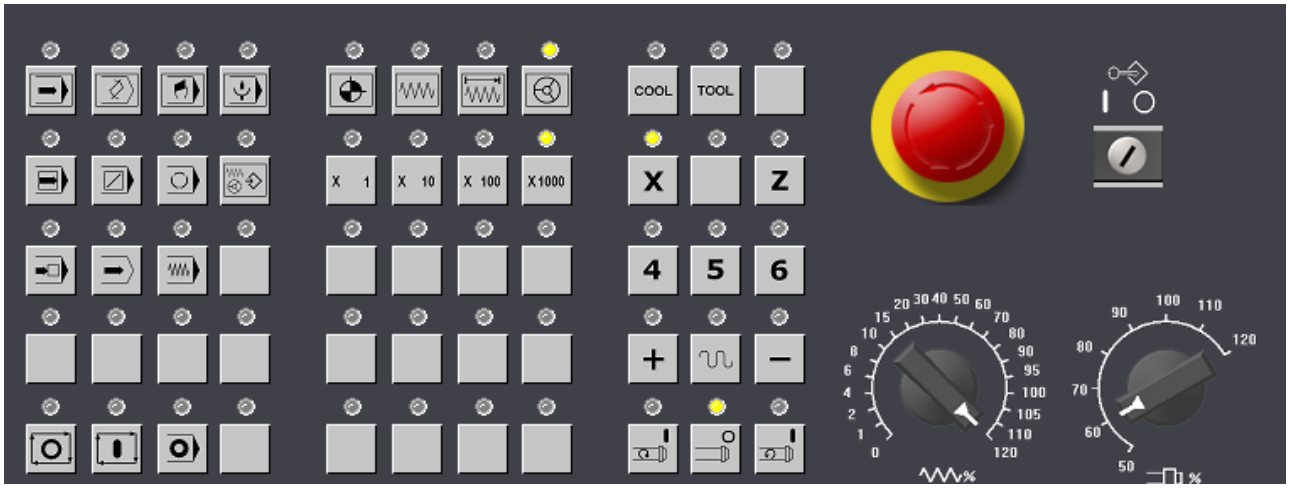
1) Вікно 3D-візуалізації станка;



2) Панель керування ЧПК;



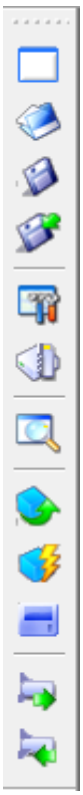
3) Пульт керування верстатом;



4) Панель візуалізації обробки;



5) Панель сервісних інструментів.



Завдання:

1) У вікні 3D-візуалізації станка розкрийте дерево подібну структуру.

2) В панелі керування ЧПК для X та Z задайте параметри вашої майбутньої деталі.

3) Ввімкніть на панелі керування верстатом кнопку  REF : Return to reference point і поясніть для чого вона необхідна при виконанні будь якої деталі.

4) В панель візуалізації обробки ввімкніть «дисплей чіткості».

Лабораторна робота № 3. Налаштування панелі інструментів і меню.

Мета: ознайомитись і навчитись виконувати найелементарніші команди в панелі робочого вікна в програмному середовищі «Swan Soft NC Simulation».

Всі команди можуть бути виконані з лівої панелі робочого вікна. Система покаже назву функції команд якщо навести курсор на клавішу і в цей час покажеться підказка цієї функції під назвою.

Коротке введення клавіш панелі інструментів:

 **Setup new NC file** (Налаштування нового файлу NC)

 **Open saved file (such NC file)** *(Відкрити збережений файл (наприклад NC-файл))*

 **Save file (suchas NC file)** *(Зберегти файл (наприклад, файл NC))*

 **Save as** *(Зберегти як)*

 **Machine parameter** *(Параметр машини)*

 **Cutter library management** *(Управління бібліотекою Cutter)*

 **Patternof work piece display** *(Структура дисплея заготовки)*

 **Choose size of work blankand coordinate of work piece** *(Виберіть розмір і координувати заготівлі заготовки)*

 **Open/close machine door** *(Відкрити / закрити двері машини)*

 **Scrapiron display** *(дисплей брухту чорних металів)*

 **Screen arrange : change screen arrange function by fixe dsequence** *(Екран організувати: екран зміни організувати кнопку за допомогою фіксованої послідовності)*

 **Whole screen zoom up** *(зменшити весь екран)*

 **Whole screen zoom down** *(зменшити весь екран)*

 **Screen zoom up,zoom down** *(Екран збільшити, зменшити)*

 **Screen translation** *(переклад екрану)*

 **Screen revolve** *(обернути екран)*

 **X-Z Plane selection** *(Вибір площині X-Z)*

 **Y-Z Plane selection** *(Вибір площині Y-Z)*

 **Y-X Plane selection** *(Вибір площині Y-X)*

 **Machine encloses witch** *(Перемикач вкладчика машини)*

 **Work piece measurement** *(вимір деталей)*

 **Voice controler** *(голос контролер)*

 **Coordinate display** *(координувати дисплей)*

 **Jacket water display** *(дисплей водяним контуром)*

 **Work blank display** *(дисплей заготівлі)*

 **Component display** *(дисплей компонентів)*

 **Clarity display** *(дисплей Чіткості)*

 **ACT display** *(дисплей ACT)*

 **Display tools spacing number** *(Показ номер Відстані між інструментами)*

 **Cutter display** *(дисплей Cutter)*

 **Cutter path** *(шлях Cutter)*

 **Online help** *(Інтерактивна довідка)*

 **REC parameter setup** *(Налаштування параметрів запису)*

 **REC start** *(почати запис)*

 **REC stop** *(зупинка запису)*

 **Teachingstart/stop** *(навчаючи старт / стоп)*

Завдання:

1) Перед конструюванні будь якої деталі ввімкніть кнопку «вимір деталей» і поясніть для чого вона використовується .

2) Запишіть ваші дії під час конструювання деталі використовуючи кнопку «почати запис».

3) Оберніть вашу деталь так щоб верхня її частина опинилась знижу для цього використайте кнопку «обернути екран».

Лабораторна робота № 4. Меню файлового менеджера

Мета: ознайомитись і навчитись використовувати найнеобхідніших функцій.

Програмний файл (*. NC), файл інструмент (* .ct) і файл заготівлі (* .wp) викликаються і зберігаються і відповідають функції, такі як функція

використовується для відкриття або збереження файлу даних, де ставиться NC процес редагування коду.

Open *(Відкрити)*

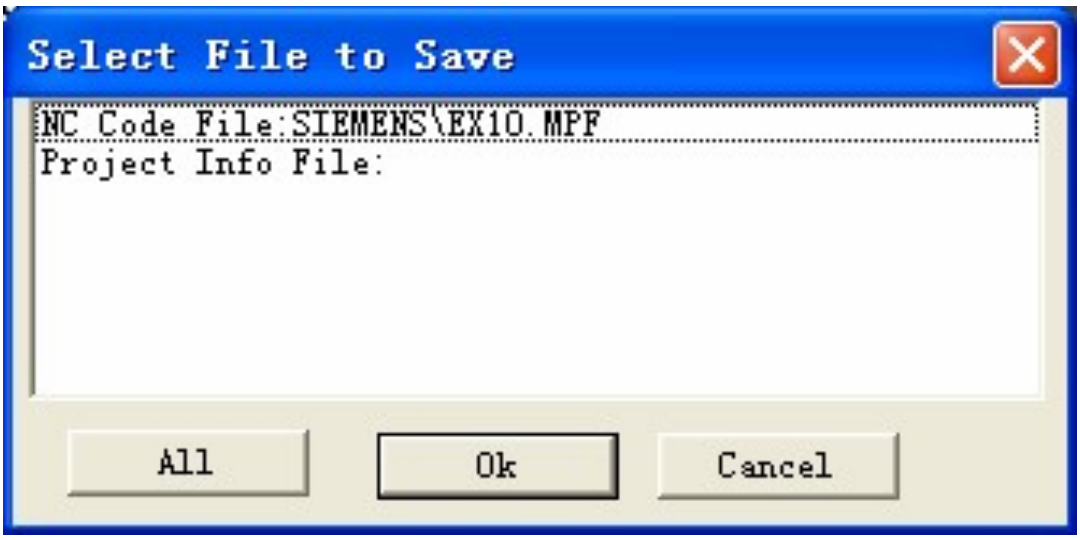
Відкрийте діалогове вікно для вибору файлу код, необхідний для відображення коду ЧПУ у вікні. Крок процесу в автоматичному шляху автоматично після всього коду завантажується; Розклад коду показано на нижній частині екрана.

New *(Новий)*

Видалити NC код редагується і завантажений. Якщо код чергувався система буде реєструвати, щоб зберегти код.

Save *(Зберегти)*

Збережіть код відредагованого на екрані. Якщо виконати цю команду для нового завантаженого файлу існуючого нічого не зміниться і система запросить нове ім'я файлу незважаючи на завантажений лише зараз файл.

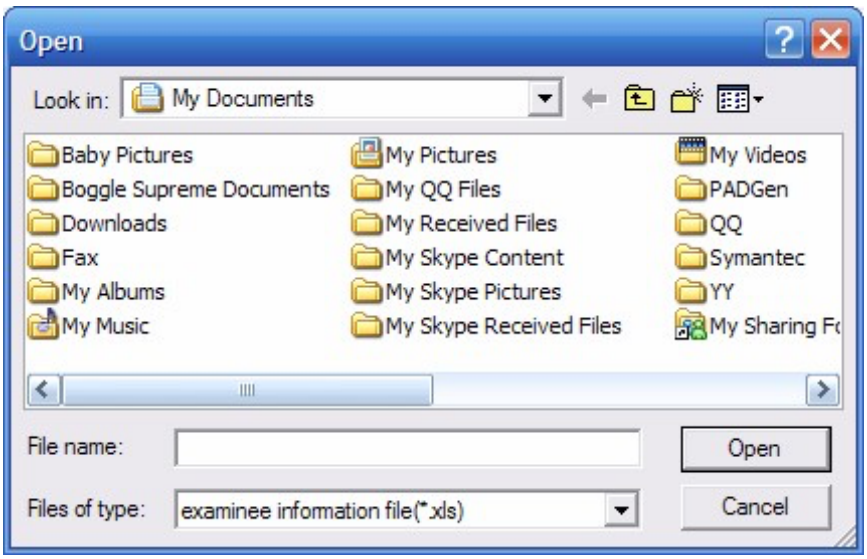


Save as *(Зберегти як)*

Збережіть файл з новим ім'ям, відомим існуючим ім'ям.

Load project file *(Завантажити файл проекту)*

Зберегти всі відповідні файли даних (* wp; * .NC; * .ct.) в інженерно-файл (ім'я розширення: * Pj.), названий файл проекту. Ця функція використовується для завантаження збереженого файлу в новому стані.



Project file save *(Зберегти файл проекту)*

This function save all the hand led data into file. The blamx block on screen can be modified.

Ця функція зберігає всі оброблені дані в файл. ***Blamx*** *блок на екрані може бути змінений.*

Завдання:

1) Збережіть вашу деталь використовуючи кнопку «зберегти».
2) Відкрийте новий лист і створіть іншу деталь.
3) Нову створену деталь збережіть використовуючи кнопку «зберегти як» але будь УВАЖНІ під час збереження будь якого файлу вказуйте відповідне розширення, щоб в майбутньому не виникло проблем під час його відкривання.

Лабораторна робота № 5. Панель операцій станка Fanuc 0i

Мета: ознайомитись і навчитись використовувати панель управління та його складові в середовищі «Swan Soft NC Simulation».

Операційна панель

Панель управління машини знаходиться на нижньому правому куті вікна. Панель складається з строчки кнопки вибору, перемикача управління

роботою і клавіши для контролю робочого стану машини, як показано в наступному інструкція показує:

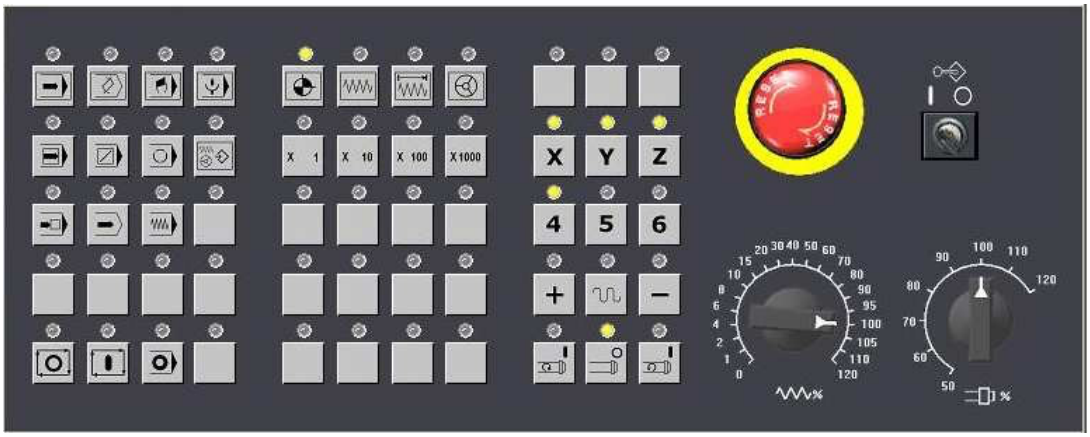


Fig. 4.1－1 FANUC 0i (milling machine) panel

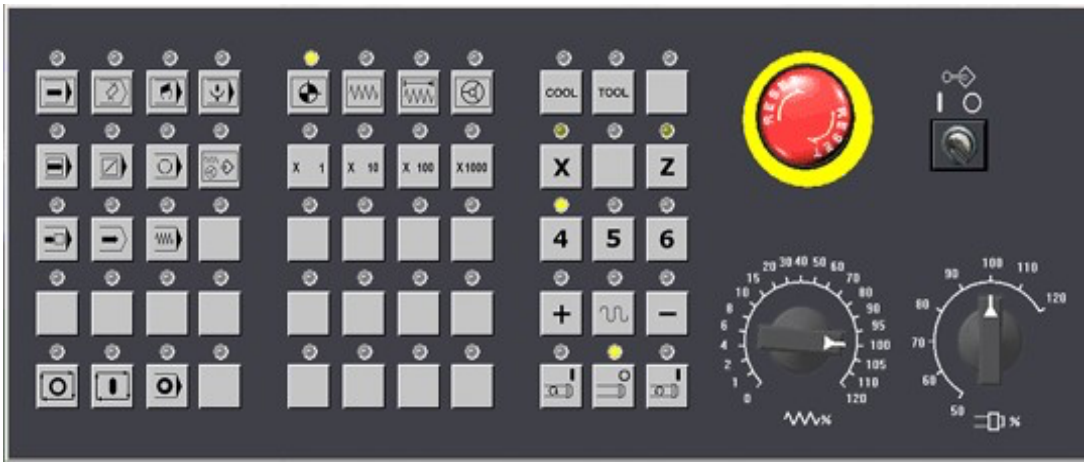


Fig. 4.1－2 FANUC 0i (lathe) panel



AUTO：**Auto-processing mode.** *(Режим автоматичної обробки)*

EDIT：**It is used to input NC program an dedit codeth rough operation panel directly.** *(Він використовується для введення програми ЧПУ і редагування коду за допомогою безпосередньо панелі управління)*

MDI：**Manual Data Input.** *(Ручне введення даних)*

INC：**Increment feed.** *(Інкрементний канал)*

 **HND : Move mesa or tool in hand wheel mode.** *(Переміщає мезаструктуру або інструмент в ручному режимі колеса)*

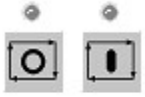
 **JOG : Manual mode. Move mesa or tool continuous lyby hand.** *(Ручний режим. Переміщення мезаструктури або інструмент безперервно вручну.)*

 **DNC : Link PC and NC machine with 232 cable conductor to select program for transmission and processing.** *(Зв'язок ПК і ЧПУ машини з 232 жили кабелю, щоб вибрати програму для передачі і обробки)*

 **REF : Return to reference point.** *(Повернення до контрольної точки.)*

NC program running control switch:

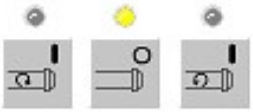
Програма ЧПУ запускає перемикач управління:



 **Program run start; When put moode choosing knob at “AUTO” and “MDI”, pressing is effective, other wise in effective.** *(Програма запускає запуск; Коли повернути ручку в положення, вибираючи "AUTO" і "MDI", натискання вступає в силу, в іншому випадку неефективно.)*

 **Program run stop; Press it to stop running when program is running.** *(Програма запуску зупинки; Натисніть її, щоб перервати виконання програми, коли запущена.)*

Ручний перемикач управління:

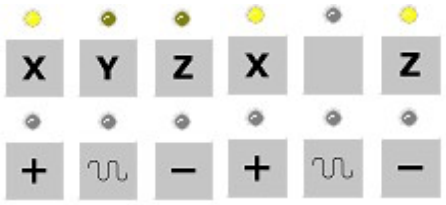


 **Manual start of spingdle for corotation.** *(Ручний запуск шпинделя для коротації.)*

 **Manual start of spingdle for reversal.** *(Ручний запуск шпинделя для розвороту.)*

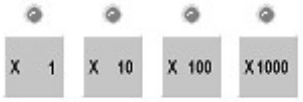
 **Manual stop of spingdle** (Ручна зупинка шпинделя)

Ручне переміщення машинної мезаструктури:



кнопки Фрезерувальної машини *кнопки Токарного верстату*

Кнопки для вибору збільшення однокрокового подачі:



Коли вибирається мобільні осі машини, відстань одного кроку становиться: × 1-0.001mm, × 10-0.01mm, × 100-0.1mm, × 1000-1mm. Помістіть курсор на клавішу, а потім натисніть кнопку ліву клавішу миші, щоб вибрати.

Ручку регулювання швидкості подачі (F):



Регулювання швидкості подачі в працюючій програмі в діапазон зміни: 0 ~ 120%. Помістіть курсор на ручку, натисніть ліву кнопку миші на ключ для обертання.

Регулятор частоти обертання шпинделя:



Регулювання оборотів шпинделя, діапазон регулювання: 0 ~ 120%.



Помістіть курсор на маховиком, щоб вибрати осьовий напрямок. Натисніть ліву кнопку миші клавішу і перемістіть мишу. Обертання за годинниковою стрілкою ручного колеса для переміщення позитивному напрямку відповідних осей; Обертання проти годинникової стрілки ручного колеса для негативного напрямку переміщення відповідних осей.

Dry running of machine *(Процес сушіння машини)*

Натисніть кнопку, після чого кожна з осей обертаються по фіксованій ставці.

Керівництво навчання:

Choose tool in tool library *(Виберіть інструмент в бібліотеці інструментів)*

TOOL **Press it to choose tool.** *(Натисніть її, щоб вибрати інструмент)*

Ключ блокування програми редагування:



Переключіть ручку на "", щоб редагувати і змінювати програму.

Restart program:*(перезавантаження програми)*



Програма може бути запущена з зазначеного блоку після пробою інструменту.

Ключ блокування машини:



Кожна вісь блокується, і тільки програма може бути запущено після натиснення на цю кнопку.

M00 Program stop *(Зупинка програми)*



M00 stop when program is running. *(Зупинка коли програма працює)*



Emergency stop knob *(Ручка аварійної зупинки)*

Завдання:

1) Нанесіть на вашу деталь відповідні розміри де потрібно зробити отвір, після цього застосуйте кнопку «режим автоматичної обробки».

2) Введіть в ручному вигляді данні, для цього використайте кнопку «Ручне введення даних».

3) Запущений процес обробки деталі не задовольняє Вас і Вам необхідно змінити числові параметри для цього використайте кнопку «Програма запуску зупинки», яка допоможе Вам вчасно зупинити процес який розпочався.

4) Забороніть редагування програми за допомогою функції «ключа блокування програми редагування».

5) Ваш верстат вийшов з ладу використайте кнопку «ручка аварійної зупинки».

Лабораторна робота № 6. Система операцій станка FANUC 0i

Мета: ознайомитись і навчитись використовувати клавіши номерів/літер в середовищі «Swan Soft NC Simulation».

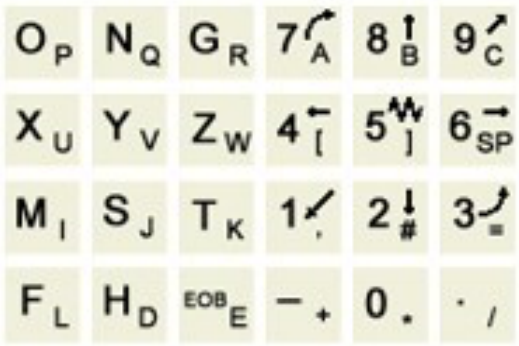


1) Панель FANUC 0i (фрезерного верстата)



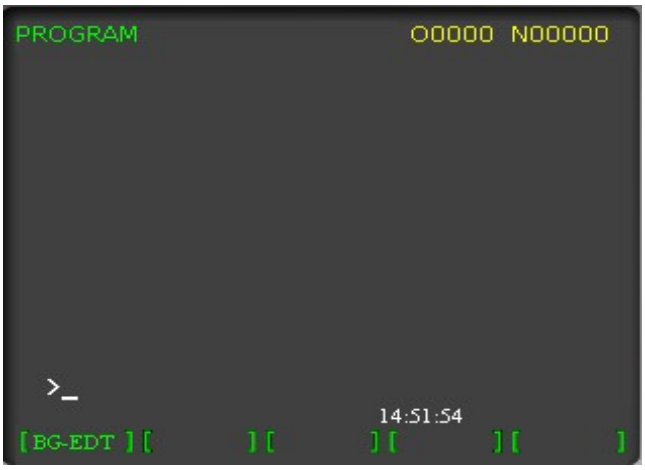
2) Панель FANUC 0i (токарного верстата)

Клавіши номерів/літер

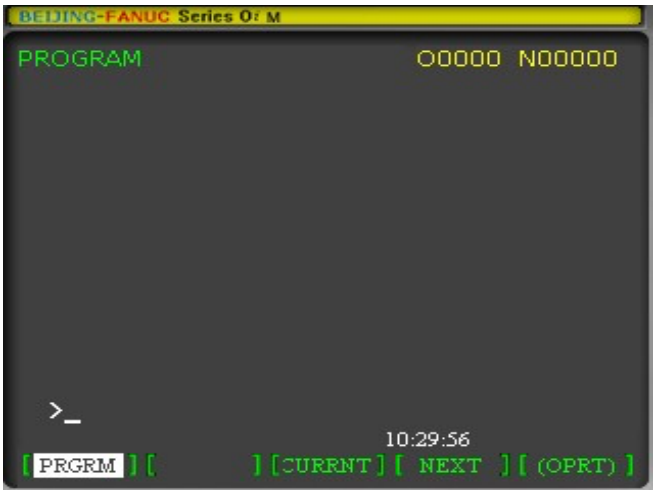


Клавіши номерів/букв використовується для введення даних для введення регіону (як в наступній діаграмі показує). Система буде розрізняти, який прийняти, цифру або букву.

Натисніть SHIFT для перемикання в режим введення, наприклад: O-P, 7-A.



3)Введення номера та символу у FANUC 0i-M (фрезерний верстат)



4) Введення числа та символу в FANUC 0i-T (токарний верстат)

Клавіши редагування:



Replace key. The data inputted replace the data curor pointing. *(Ключ заміни. Введені дані замінюють дані.)*



Delete key. Delete the data curor pointing; Or delete a NC programor all the programs. *(Ключ видалення. Видалення курсора даних, що вказує; Чи видалити програму ЧПУ або всі програми.)*



Insert key. Insert the area behind curor with data whichis in the input region. *(Ключ вставки. Вставте область за курсором з даних, який знаходиться в області введення.)*



Cancel key. Remove the data in input region. *(Ключ відмови. Видалити дані в області введення)*



Carriage return & line feed key. *(Ключ повернення каретки і ліній живлення.)*



Upper case key. *(Ключ верхній регістр.)*

Ключ зміни сторінки:



Program display and editing page. *(Програма відображення і редагування сторінки.)*



Position display page. There are three mode for position display, and press PAGE to choose one mode. *(Положення відображення сторінки. Є три режими для відображення позиції і натисніть PAGE, щоб вибрати один з режимів.)*



Parameter input page. First press to login coordinate setup page; second press to login tool compensation page. Press PAGE to shift diferrent page. *(Параметр введення сторінки. Спочатку натисніть для входу координат сторінки налаштування, повторне натискання на сторінку входу корекції інструменту. Натисніть PAGE, щоб перейти до іншої сторінки.)*



System parameter page *(Сторінка параметру системи)*



Info page. Such “Alarm”. *(Сторінка інформації)*



Fig. Parameter setup page. *(Сторінка установки конфігурації)*



System help page. *(Сторінка системної довідки)*



Reset key. *(Ключ перезапуску)*

Page turning button (PAGE)



Turn up 

Turn down

Cursor moving (CURSOR）

 **Move up** **Move left**

 **Move down** **Move right**

Вхідний ключ

. Вхідні дані у вхідному області в сторінці параметрів введення.

Завдання:

1) Переконайтесь що всі параметри системи вірні для цього натисніть кнопку «сторінка параметри системи» і перегляньте чи все вірно, якщо є помилки усуньте їх використовуючи відповідні параметри які Вам необхідні для конструювання будь якого виробу.

2) Налаштуйте положення сторінки для цього використайте кнопку «положення відображення сторінки» і виберіть 1 із 3 параметрів який Вам буде зручний.

3) Збільшить Вашу деталь 2 рази для цього від корегуйте введені дані, використовуючи кнопку «ключ заміни».

4) Підчас введення даних було допущена помилка для усунення її використайте кнопку «ключ відмови».

5) Виконавши всі необхідні дії зі станком, та збережіть деталь а потім перезапустіть ваш станок використовуючи кнопку «ключ перезапуску».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Березюк С. В., Оніщенко М. Л. Інформаційні технології у підприємницьких структурах. // Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. Вінниця: ВНАУ, 2020. № 2. С. 118-131. Режим доступу: http://socrates.vsau.edu.ua/repository/card.php?lang=en&id=26711

2. Браун М. Джерела живлення. Розрахунок та конструювання.: Пер. з англ. К.: “МК-Прес”, 2007. 288 с.

3. Гарькава В. Ф., Єганов О. Ю., Бандура В. М., Арамян А. М. Моделювання сучасних комп’ютерних систем: монографія. Варшава: RS Global. Sp. z O.O., 2020. 73 с. Режим доступу: https://monographs.rsglobal.pl/index.php/rsgl/catalog/view/10/10/32-1

4. Гнучкі комп’ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник / Л.С. Ямпольский, П.П. Мельничук, Б.Б. Самотокін, М.М. Поліщук, М.М. Ткач, К.Б. Остапченко, О.І. Лісовіченко. Житомир: ЖДТУ, 2005. 680 с.

5. Ефективність інформаційних технологій в управлінні інтелектуальною власністю промислового підприємства / П. Г. Перерва [та ін.] // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки) = Bulletin of the National Technical University "KhPI" (economic sciences) : зб. наук. пр. Харків : НТУ "ХПІ", 2021. № 1. С. 53-58. Режим доступу: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54949

6. Інформаційні технології в промисловості та економіці // Інформаційні технології: підручник для прикладного бакалаврату / Б.Я. Рад, В.О. Цехановский. 6-е вид., перероб. і доп. М: Видавництво Юрайт, 2015. Режим доступу: https://stud.com.ua/59742/informatika/informatsiyni_tehnologiyi_promislovosti_ekonomitsi

7. Кохц Д. Вимірювання, управління та регулювання за допомогою PIC-мікроконтролерів.: Пер. з нім. К.: “МК-Прес”, 2007. 304 с.

8. Кравченко М. О., Лентовська М. А. Перешкоди, що стримують впровадження технологічних інновацій на вітчизняних підприємствах. // бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи. С. 222-223. Режим доступу: http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/231801

9. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. К. Вид-во “Ліра”, 2011. 552с. Режим доступу: https://lira-k.com.ua/preview/12047.pdf

10. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с. Режим доступу: https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/3536?show=full

11. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації. Навч. пос. К.: Вид-во Ліра, 2014. 344 с. Режим доступу: https://lira-k.com.ua/preview/12125.pdf

Наукове видання

Яшанов С. М., Шевчук Б. В., Олефіренко Т. О.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ

навчально-методичний посібник.

Матеріали подані в авторській редакції

Підписано до друку 14.06.2022 р. Формат 60х84/16.
Наклад 300 прим. Зам.190. Ум.-друк. арк. 13.65
Виготівник: ФОП Домбровська Я. М.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 6366 від 22.08.2018 р.
08055, Київська обл., Макарівський р-н., с. Вільне, вул. Чапаєва, 16а,
e-mail: devis519@ukr.net