

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

**Методичні вказівки
до практичних занять та самостійної роботи
з дисципліни «Проектування вимірювальних систем»**

для студентів спеціальності 152
«Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Денної та заочної форм навчання

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Проектування вимірювальних систем» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної та заочної форм навчання /Укл.: О.В. Василенко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 62 с.

Укладач: О.В. Василенко, канд. техн. наук, доц.

Рецензент: Г.В. Сніжної, проф., д-р техн. наук

Відповідальний за випуск: А.В. Коротун, доц., канд. фіз.-мат. наук

Затверджено
на засіданні кафедри МіНЕ
Протокол №7
від “26” 11 2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФРЕТ
Протокол № 4
від “10” 12 2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	6
1.1 Методи прийняття рішень	6
1.1.1 Класифікація методів прийняття рішень	6
1.2 Оцінка ефективності проєкту	8
1.3 Основні положення науково-технічної експертизи	9
1.4 Основні етапи і стадії проведення НДР	12
1.5 Завдання	13
1.6 Контрольні питання	13
2 СТАДІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ	14
2.1 Теоретичні відомості	14
2.2 Стадії проєктування вимірювальних систем	14
2.3 Завдання	23
3 ДОКУМЕНТИ ПО ЕТАПАМ ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ	24
3.1 Теоретичні відомості	24
3.1.1 Робоча документація на етапі «Робочий проєкт»	28
3.2 Завдання	31
4 ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ	32
4.1 Структура вимірювальних систем	32
4.2 Основні характеристики ВІС	33
4.3 Основні компоненти інформаційно-вимірювальних систем	34
4.4 Реалізація ІВС на апаратно-програмному забезпеченні EATON	35
4.5 Завдання	38
5 ФУНКЦІОНАЛЬНІ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	39
5.1 Приклад оформлення функціональної схеми	39
5.2 Завдання	41
6 НАСКРІЗНЕ ПРОЄКТУВАННЯ. ВІРТУАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО	43
6.1 Вибір класу САПР САК	43
6.2 Наскрізне та віртуальне виробництво	46
6.3 Технології CALS	49

6.4 Комплексні автоматизовані системи	51
6.5 Завдання	52
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	53
Додаток А Аббревіатури деяких вимірювальних приладів і автоматики (КВПіА)	55
Додаток Б Приклади побудови умовних позначень за ГОСТ 21.404 – 85	59
Додаток В Відповіді до завдання 5.2	61

ВСТУП

В курсі «Проектування вимірювальних систем» студенти мають навчитися автоматизувати процеси вимірювання і контролю. Потужним засобом автоматизації збору та візуалізації інформації, яка надходить з сенсорів вимірювальних систем (ВС) [1] є програми класу SCADA [2] (*supervisory control and data acquisition*), тому розробка системи моніторингу на базі SCADA є завданням курсової роботи. Завданням для практичних робіт є дослідження етапів проектування ІВС, відповідної документації, дослідження функціональних схем систем автоматичного керування (САК) та керуючих органів для САК [4], зокрема на базі продукції Moeller [5,6].

В результаті виконання курсової роботи та практичних занять студент змає

знати:

- принципи проектування вимірювальних систем (ВС) на базі SCADA;
- архітектуру та функціональне призначення SCADA-систем, зокрема Trace Mode 6;
- основні етапи проектування і настройки програмних засобів SCADA при автоматизації технологічних процесів, при проектуванні автоматизованих систем вимірювання;
- мови програмування для контролерів, реле керування тощо;

вміти:

- використовувати інструментальні засоби SCADA для проектування інформаційного забезпечення вимірювальних систем;
- використовувати виконавчі модулі SCADA;
- створювати графічний інтерфейс користувача;
- розробляти програми на мовах ST, FBD для інтелектуальних реле, промислових контролерів, MFD тощо;
- будувати проект ВС в SCADA для автоматизації нескладних вимірювальних та технологічних процесів;
- проектувати інформаційно-вимірювальні системи на базі інтелектуальних реле та мікроконтролерів;
- програмувати задачі з автоматизації на базі інтелектуальних реле в середовищі EasySoft.

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

1.1 Методи прийняття рішень

Як в ході проєктування, так і в процесі управління, постійно приходиться приймати рішення, які при цьому повинні бути найкращими (оптимальним). Методи аналізу та розв'язання проблем (методи прийняття рішень) розрізняються в залежності від типу поставленої проблеми. Для розв'язання стандартних і деяких добре структурованих проблем існує набір стандартних, стереотипних рішень, викладених у нормативних документах, однак більшість проблем далекі від стереотипів, отже вимагають притягнення спеціальних методів аналізу [1,7].

1.1.1 Класифікація методів прийняття рішень

Всі методи прийняття рішень можна розділити на дві групи: формалізовані (математичні) і неформалізовані (евристичні). Формалізовані методи засновані на отриманні кількісних результатів обчислень, використовуються при розв'язанні добре та частково структурованих проблем для оцінки варіантів рішень, вибору та обґрунтування оптимального варіанта. Неформалізовані методи використовуються при розв'язанні складних слабоструктурованих та неструктурованих проблем для генерації варіантів рішень (синтезу), їхнього аналізу і оцінки, вибору та обґрунтування найкращого варіанта.

Формалізовані методи включають:

- економіко-математичні моделі і методи (ЕММ), які формалізують взаємозв'язки процесів і явищ; системний аналіз, дозволяють виявити взаємодію складових частин систем, стратегію розвитку;

- експертні оцінки і думки, які дозволяють кваліфікованим спеціалістам оцінити значимість подій, явищ, факторів, співвідношення детермінованих й імовірнісних факторів, спрогнозувати розвиток систем і підсистем.

В сукупності різноманітні математичні методи, поєднані загальною задачею обґрунтування найліпших рішень, отримали назву

методів дослідження операцій, які поділяються на аналітичні, статистичні, математичного програмування, теоретико-ігрові.

Аналітичні методи характерні тим, що між умовами задачі та її результатами встановлюються аналітичні, формульні залежності. До цих методів відносяться: теорія ймовірностей, теорія марківських процесів [8], теорія масового обслуговування [9], метод динаміки середніх. Теорія ймовірностей – наука про закономірності у випадкових явищах. За допомогою теорії імовірності вироблюються рішення, які залежать від умов випадкового характеру. Теорія марківських процесів розроблена для опису операцій, які розвиваються випадковим чином у часі. Теорія масового обслуговування розглядає масові процеси, що повторюються. Метод динаміки середніх застосовується в тих випадках, коли можна порівняти залежності між умовами операції та її результатом, виходячи з середніх характеристик умов.

Статистичні методи засновані на збиранні, обробці та аналізі статистичних даних, отриманих як в результаті фактичних дій, так і вироблених штучно, шляхом статистичного моделювання. До цих методів відносяться послідовний аналіз та метод статистичних досліджень. Послідовний аналіз дає можливість приймати рішення на основі низки гіпотез, кожна з яких повинні перевірятися. Метод статистичних досліджень (метод Монте-Карло) базується на тому, що хід операцій програється (моделюється) на комп'ютері зі усіма властивими випадковостями [9? 10].

Математичне програмування – це ланка методів, призначених для найліпшого розподілення доступних ресурсів, що обмежені, а також для складання раціонального плану операції, обґрунтування прийнятих рішень. Математичне програмування в залежності від типу обмежень ділиться на лінійне, нелінійне і динамічне. Сюди ж зазвичай відносять і методи мережного планування. Лінійне програмування застосовується в тих випадках, коли умови виконання операції описуються системою лінійних рівнянь або нерівностей. Якщо вказані залежності носять нелінійний характер, то застосовується метод нелінійного програмування. Динамічне програмування служить для вибору найліпшого плану виконання багатоетапних дій, коли результат кожного наступного етапу залежить від попереднього.

Мережне планування призначено для складання і реалізації раціонального плану виконання операції, яка складається з великої

кількості взаємопов'язаних дій, та передбачає розв'язання задачі в найкоротші строки з найліпшими результатами.

Теоретико-ігрові методи призначені для обґрунтування рішень в умовах невизначеності умов. До теоретико-ігрових методів відносяться: теорія ігор і теорія статистичних рішень. Теорія ігор використовується в тих випадках, коли невизначеність умов викликана свідомими, злонамірними діями конфліктуючої сторони. Теорія статистичних рішень застосовується, коли невизначеність умов викликана чинниками, які або невідомі, або мають випадковий характер.

Дослідження операцій, орієнтоване на розв'язання економіко-виробничих задач, є базою для економіко-математичних методів моделювання виробничих процесів в системах управління.

Поряд з кількісними результатами обчислень необхідно при прийнятті рішень враховувати велику кількість обставин якісного характеру, які неможливо звести до однозначних відповідей. Тому зберігають своє значення і методи обґрунтування рішень на основі дослідження досвіду, інтуїції, узагальнення результатів, так звані евристичні методи оптимізації, в тому числі метод експертних оцінок.

1.2 Оцінка ефективності проєкту

До найпростіших показників ефективності проєктів, які застосовуються при проведенні технічного аналізу відносять [7]:

- капіталовіддачу (річні продажі, поділені на капітальні витрати);
- оборотність товарних запасів (річні продажі, поділені на середньорічний обсяг товарних запасів);
- трудовіддачу (річні продажі, поділені на середньорічну кількість зайнятих робітників і службовців).

Однак ці показники належать до числа показників моментного статичного ряду і не враховують динамічних процесів у їх взаємозв'язку.

Для оцінки ефективності проєктів доцільніше використовувати показники, які дають змогу розрахувати значення критеріїв ефективності проєктів, беручи до уваги комплексну оцінку вигід і витрат, зміну вартості грошей у часі та інші чинники. Правильне

визначення обсягу початкових витрат на проект є запорукою якості розрахунків окупності проекту.

При аналізі ефективності проекту використовують такі показники:

Сума інвестицій – це вартість початкових грошових вкладень у проект, без яких він не може здійснюватися. Ці витрати мають довгостроковий характер.

Чиста теперішня вартість проекту – *Net Present Value (NPV)*. Це найвідоміший і найуживаніший критерій. У літературі зустрічаються й інші його назви: чиста приведена вартість, чиста приведена цінність, дисконтовані чисті вигоди. *NPV* являє собою дисконтовану цінність проекту (поточну вартість доходів або вигід від зроблених інвестицій).

Термін окупності інвестицій – час, протягом якого грошовий потік, одержаний інвестором від втілення проекту, досягає величини вкладених у проект фінансових ресурсів. У господарській практиці його можуть визначати без урахування необхідності грошових потоків у часі або з урахуванням такої необхідності.

Термін окупності проекту – *Payback Period (PBP)* використовується переважно в промисловості. Це один із найбільш часто вживаних показників оцінки ефективності капітальних вкладень. На відміну від показників, які використовуються у вітчизняній практиці, показник «термін окупності капітальних вкладень» базується не на прибутку, а на грошовому потоці з приведенням коштів, які інвестуються в інновації та суми грошового потоку до теперішньої вартості. Критерій прямо пов'язаний із відшкодуванням капітальних витрат у найкоротший період часу і не сприяє проектам, які не дають вигоди *одразу*.

Критерій найменших витрат – (*НВ*) використовується тоді, коли оцінка вигід проекту складна й ненадійна. При цьому порівнюють наведені витрати по різних варіантах проекту і вибирають той, який при найменших витратах забезпечує найкращі результати.

1.3 Основні положення науково-технічної експертизи

При проектуванні принципово нових пристроїв, які не мають аналогів по структурі, або принципу дії, для прийняття та оцінки рішень необхідно проводити науково-технічну експертизу. Наукова й

науково-технічна експертиза – це діяльність, метою якої є дослідження, перевірка, аналіз та оцінка науково-технічного рівня об'єктів експертизи і підготовка обґрунтованих висновків для прийняття рішень щодо таких об'єктів.

Наукова і науково-технічна експертиза у сфері науково-технічних розробок та дослідно-конструкторських робіт, фундаментальних і прикладних досліджень, у тому числі на стадії їх практичного застосування (впровадження, використання, наслідки використання тощо), проводиться науково-дослідними організаціями та установами, вищими навчальними закладами, іншими організаціями та окремими юридичними і фізичними особами які акредитовані на цей вид діяльності. Основними **завданнями** експертизи є:

1. об'єктивне, комплексне дослідження об'єктів експертизи;
2. перевірка відповідності об'єктів експертизи вимогам і нормам чинного законодавства;
3. оцінка відповідності об'єктів експертизи сучасному рівню наукових і технічних знань, тенденціям науково-технічного прогресу, принципам державної науково-технічної політики, вимогам екологічної безпеки, економічної доцільності;
4. аналіз рівня використання науково-технічного потенціалу, оцінка результативності науково-дослідних робіт і дослідно-конструкторських розробок;
5. прогнозування науково-технічних, соціально-економічних і екологічних наслідків реалізації чи діяльності об'єкта експертизи;
6. підготовка науково обґрунтованих експертних висновків.

Суб'єктами наукової і науково-технічної експертизи є замовники, організатори експертизи, а також експерти.

Експертами є фізичні особи, які мають високу кваліфікацію, спеціальні знання і безпосередньо здійснюють наукову чи науково-технічну експертизу та несуть персональну відповідальність за достовірність і повноту аналізу, обґрунтованість рекомендацій відповідно до вимог завдання на проведення експертизи. Експертні ради обов'язково створюються для проведення наукової і науково-технічної експертизи проектів міждержавних, державних і національних програм. Не дозволяється поєднання в одній особі

функцій автора розробки чи іншим чином заінтересованої особи та її експерта.

Експертизу можуть проводити:

1. органи виконавчої влади у межах своєї компетенції;
2. підприємства, установи та організації всіх форм власності, тимчасові творчі колективи, що здійснюють наукову і науково-технічну діяльність, спеціалізовані експертні організації;
3. окремі експерти, групи експертів та експертні ради.

Об'єктами експертизи можуть бути:

- діючі об'єкти техніки (в тому числі військової) та промисловості, споруди, природні об'єкти тощо, стосовно яких виникає потреба отримати науково обґрунтовані експертні висновки;
- проекти, програми, пропозиції різного рівня, щодо яких необхідно провести науково обґрунтований аналіз і дати висновок про доцільність їх прийняття, впровадження, подальшого використання тощо.

Обов'язковій експертизі підлягають:

- національні та державні наукові і науково-технічні програми;
- міждержавні наукові і науково-технічні програми, що реалізуються на підставі міжнародних договорів України в межах її території;
- галузеві і міжгалузеві програми у сфері наукової і науково-технічної діяльності;
- інноваційні програми та проекти державного значення.

З ініціативи організацій та установ, до компетенції яких належить вирішення відповідних питань, експертизі підлягають:

- окремі науково-технічні проекти;
- науково-технічна продукція;
- науково-дослідні роботи (фундаментальні та прикладні дослідження) в усіх галузях наукової діяльності;
- дослідно-конструкторські роботи (комплекс робіт, що виконуються на основі технічних завдань з метою розроблення дослідно-конструкторської документації);
- наукові праці у вигляді спеціально підготовлених рукописів, наукових доповідей, опублікованих монографій чи посібників;

- процес впровадження результатів наукових досліджень і розробок, інші види наукової та науково-технічної діяльності, що сприяють прискоренню науково-технічного прогресу;

- дисертаційні дослідження, науково-технічна документація на раціоналізаторські пропозиції, винаходи;

- права на об'єкти інтелектуальної власності, включаючи їх вартісну оцінку; ефективність науково-технічних та інноваційних проєктів;

- інші об'єкти наукової і науково-технічної діяльності, щодо яких виникає потреба у проведенні експертизи, отриманні науково обґрунтованих експертних висновків.

Об'єкти наукової і науково-технічної експертизи можуть передаватися на попередню, первинну, повторну, додаткову, контрольну наукову і науково-технічну експертизи.

1.4 Основні етапи і стадії проведення НДР

Перед початком проектування необхідно проводити науково-дослідну роботу (НДР). Етапи і стадії проведення НДР наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні етапи і стадії проведення НДР

Стадії НДР	Етапи робіт	Технічна документація
Розробка технічного завдання на проведення НДР	Аналіз вихідних джерел інформації. Розробка технічного завдання (ТЗ). Узгодження й затвердження ТЗ	ТЗ на проведення НДР, включаючи: загальні положення, ціль і призначення розробки, джерела розробки, техніко-економічні вимоги, стадії розробки, порядок приймання
Розробка технічної пропозиції	Підбір і аналіз джерел науково-технічної інформації (НТІ). Розробки технічної пропозиції за результатами аналізу ТЗ і джерел НТІ. Узгодження і затвердження технічної пропозиції	Пояснювальна записка, огляд, розрахунок, звіт про науково- дослідницьку роботу
Проведення теоретичних та експеримента	Розробка вихідної методичної документації для проведення дослідження. Проведення досліджень. Розробка	Пояснювальна записка, розрахунок, ескіз, робоче креслення, технологічна карта, акт випробувань, звіт

льних досліджень	експериментальних зразків досліджуваного об'єкта. Проектування і виготовлення експериментальних зразків, макетів, засобів дослідження. Коректування технічної документації за результатами теоретичних і експериментальних досліджень.	НДР. Пояснювальна записка, розрахунок, ескіз, робоче креслення, ТЗ на проведення ДКР
------------------	--	---

1.5 Завдання

1. Сформуйте концептуальну модель проєктованого пристрою (згідно виданого варіанту завдання).
2. Опишіть, яким критеріям якості має відповідати проєктований пристрій задля його конкурентоспроможності на ринку?
3. Опишіть протиріччя в критеріях якості/технічних характеристиках, які треба узгодити, визначте напрями оптимізації структури та/або параметрів пристрою.
4. Сформуйте технічну пропозицію на проєктований пристрій, поясніть, як від неї перейти до технічного завдання (ТЗ)?

1.6 Контрольні питання

1. Назвіть основні показники ефективності проєкту?
2. Що таке термін окупності проєкту ?
3. Що таке евристичні методи прийняття рішень?
4. Що таке оптимізація?
5. Цілі та етапи проведення НДР.
6. Хто може проводити експертизу?
7. Що є об'єктами експертизи

2 СТАДІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

2.1 Теоретичні відомості

Вимоги до змісту документів, що розробляються при створенні автоматизованої системи, встановлені вказівками керівного документа (РД 50- 34.698-90 Методичні вказівки. Інформаційна технологія. «Автоматизовані системи. Вимоги до змісту документів»), а також відповідними державними стандартами:

- єдиної системи програмної документації (ЕСПД);
- єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД);
- системи проєктної документації для будівництва (СПДБ).

2.2 Стадії проєктування вимірювальних систем

Стадії проєктування вимірювальних систем (ВС) представлені на рис.2.1 [1,7].

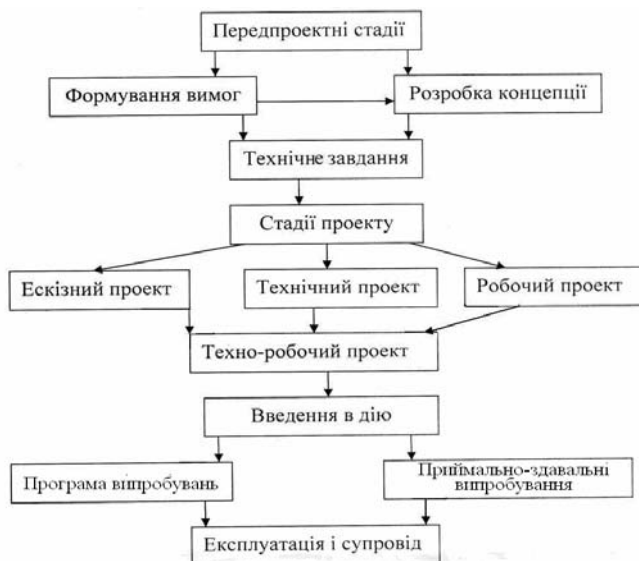


Рисунок 2.1 – Стадії проєктування

Стадії та етапи створення ВС виділяються як частини процесу створення з міркувань раціонального планування та організації робіт, що закінчуються заданим результатом. Кожна зі стадій має свої етапи виконання.

Стадія **«Формування вимог до ВС»** включає в себе виконання наступних етапів:

- обстеження об'єкту і обґрунтування необхідності створення ВС;
- формування вимог замовника до ВС;
- оформлення звіту про виконану роботу та заявки на розробку ВС.

На етапі **«Обстеження об'єкта та обґрунтування необхідності створення ВС»** проводяться наступні роботи:

- збір даних про об'єкт автоматизації;
- оцінка якості функціонування об'єкта автоматизації;
- виявлення проблем, вирішення яких можливо засобами автоматизації;
- оцінка техніко-економічної доцільності створення ВС.

На етапі **«Формування вимог замовника до ВС»** проводиться:

- підготовка вихідних даних для формування вимог до ВС (характеристика об'єкта автоматизації, опис вимог до системи, допустимі витрати на розробку, введення в дію та експлуатацію, ефект, очікуваний від системи, умови створення та функціонування системи);
- формулювання та оформлення вимог замовника до ВС.

На етапі **«Оформлення звіту про виконану роботу та заявки на розробку ВС»** виконується:

- оформлення звіту про виконані роботи на даній стадії;
- оформлення заявки на розробку ВС (тактико-технічного завдання) або іншого його замінювача з аналогічним змістом.

Стадія **«Розробка концепції ВС»** включає наступні етапи:

- вивчення об'єкта автоматизації;
- проведення необхідних науково-дослідних робіт;

- розробка варіантів концепції ВС і вибір варіанта концепції ВС відповідно до вимог замовника.

Після завершення стадії оформляється звіт.

На етапі **«Вивчення об'єкта автоматизації»** та етапі **«Проведення необхідних науково-дослідницьких робіт»** організація-розробник проводить:

- детальне вивчення об'єкта автоматизації і необхідні науково-дослідні роботи, пов'язані з пошуком шляхів і оцінкою можливості реалізації вимог замовника;
- оформлення та затвердження звітів.

На етапі **«Розробка варіантів концепції ВС і вибір варіанта концепції ВС відповідно до вимог замовника»** в загальному випадку проводиться:

- розробка альтернативних варіантів концепції ВС і планів їх реалізації;
- оцінка необхідних ресурсів для їх реалізації та функціонування;
- оцінка переваг і недоліків кожного варіанта;
- зіставлення вимог замовника та характеристики запропонованої системи, а також вибір найкращого варіанта;
- визначення порядку оцінки якості й умов приймання системи;
- оцінка ефектів, одержуваних від системи.

Стадія **«Технічне завдання»** включає єдиний але надзвичайно відповідальний етап – розробка та затвердження технічного завдання на створення ВС. На цьому етапі проводиться розробка, оформлення, погодження та затвердження технічного завдання на створення ВС, а при необхідності кількох технічних завдань на частини ВС.

Стадія **«Ескізний проєкт»** включає наступні етапи:

- розробка попередніх проєктних рішень щодо системи та її частин;
- розробка документації на ВС та її частини.

На етапі **«Розробка попередніх проєктних рішень стосовно системи та її частин»** визначаються:

- функції ВС;
- функції та цілі підсистем;
- склад програмних комплексів та окремих завдань;
- концепція інформаційної бази, її укрупнена структура;
- функції системи керування;
- склад комплексу технічних засобів;
- функції та параметри основних програмних засобів ВС.

На етапі **«Розробка документації на ВС та її частини»** проводиться розробка, оформлення, погодження та затвердження документації в обсязі, необхідному для опису повної сукупності прийнятих проектних рішень і достатньому для виконання робіт зі створення ВС.

Стадія **«Технічний проєкт»** включає наступні етапи:

- розробка проектних рішень стосовно системи та її частин;
- розробка документації на ВС та її частини;
- розробка та оформлення документації на поставку виробів для комплектування ВС і технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку;
- розробка завдань на проєктування в суміжних частинах проєкту.

На етапі **«Розробка проектних рішень стосовно системи та її частин»** проводиться розробка спільних рішень щодо:

- системи та її частин;
- функціонально-алгоритмічної структури системи;
- функцій персоналу та організаційної структури;
- структури технічних засобів;
- алгоритмів розв'язання задач і вживання мов;
- організації та ведення інформаційної бази;
- системи класифікації та кодування інформації;
- програмного забезпечення.

На етапі **«Розробка документації на ВС та її частини»** проводиться розробка, оформлення, погодження та затвердження документації в обсязі, необхідному для опису повної сукупності прийнятих проектних рішень і достатньому для подальшого виконання робіт зі створення ВС.

На етапі **«Розробка та оформлення документації на постачання виробів для комплектування ВС і технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку»** проводиться:

- підготовка та оформлення документації на постачання виробів для комплектування ВС;
- визначення технічних вимог щодо складання ТЗ на розробку несерійних виробів.

На етапі **«Розробка завдань на проєктування в суміжних частинах проєкту»** здійснюється розробка, оформлення, погодження та затвердження завдань на проєктування в суміжних частинах проєкту для проведення будівельних, електротехнічних, санітарно-технічних та інших підготовчих робіт, пов'язаних зі створенням ВС.

Стадія **«Робочий проєкт (Робоча документація)»** включає в себе наступні етапи:

- розробка робочої документації на ВС та її частини;
- розробка і конфігурація програмного забезпечення.

На етапі **«Розробка робочої документації на ВС та її частини»** здійснюється:

- розробка робочої документації, що містить всі необхідні і достатні відомості для забезпечення виконання робіт з введення ВС в дію і для її експлуатації, а також для збереження рівня експлуатаційних характеристик системи відповідно до прийнятих проєктних рішень;
- оформлення, погодження та затвердження робочої документації на ВС.

На етапі **«Розробка і конфігурація програмного забезпечення»** проводиться:

- розробка прикладного програмного забезпечення;
- вибір, адаптація і прив'язка програмних засобів, розробка програмної документації.

Стадія **«Введення в дію»** включає наступні етапи:

- підготовка об'єкта автоматизації до введення ВС в дію;
- підготовка персоналу;

- комплектація ВС виробами (програмними та технічними засобами, програмно-технічними комплексами, інформаційними виробами), що постачаються;
- будівельно-монтажні роботи;
- пусконаладжувальні роботи;
- проведення попередніх випробувань;
- проведення дослідної експлуатації;
- проведення приймальних випробувань.

На етапі **«Підготовка об'єкта автоматизації до введення ВС в дію»** проводяться роботи з організаційної підготовки об'єкта автоматизації до введення ВС в дію, в тому числі:

- реалізація проектних рішень стосовно організаційної структури ВС;
- забезпечення підрозділів об'єкта керування інструктивно-методичними матеріалами.

На етапі **«Підготовка персоналу»** проводиться навчання персоналу, а також перевірка його здатності забезпечити функціонування ВС.

На етапі **«Комплектація ВС виробами, що постачаються»** забезпечується:

- отримання комплектуючих виробів серійного й одиночного виробництва, матеріалів і монтажних виробів;
- проводиться вхідний контроль їх якості.

На етапі **«Будівельні та монтажні роботи»** проводяться:

- роботи з будівництва спеціалізованих будівель (приміщень) для розміщення технічних засобів та персоналу ВС;
- спорудження кабельних каналів;
- роботи з монтажу технічних засобів і ліній зв'язку;
- випробування змонтованих технічних засобів;
- здача технічних засобів для проведення пусконаладжувальних робіт.

На етапі **«Пусконаладжувальні роботи»** проводиться:

- автономне налагодження технічних засобів;

- завантаження системного та прикладного програмного забезпечення;
- комплексне налагодження всіх засобів системи.

На етапі **«Проведення попередніх випробувань»** здійснюються:

- випробування на працездатність і відповідність технічному завданню, відповідно до програми попередніх випробувань;
- усунення несправностей і внесення змін у документацію на ВС у відповідності до протоколу випробувань;
- оформлення акту про приймання ВС в експлуатацію.

На етапі **«Проведення дослідної експлуатації»** здійснюють:

- дослідна експлуатація ВС;
- аналіз результатів дослідної експлуатації ВС;
- доопрацювання (при необхідності) програмного забезпечення ВС;
- додаткове налагодження технічних засобів ВС;
- доопрацювання проектної документації;
- оформлення акту про завершення дослідної експлуатації.

На етапі **«Проведення приймальних випробувань»** проводяться:

- випробування на відповідність технічному завданню та згідно з програмою приймальних випробувань;
- аналіз результатів випробувань ВС та усунення недоліків, виявлених при випробуваннях;
- оформлення протоколу та звіту про кожний об'єкт випробувань, визначений програмою випробувань;
- оформлення акту про приймання ВС у постійну (промислово) експлуатацію.

Стадія **«Супровід ВС»** включає в себе:

- виконання робіт відповідно до гарантійних зобов'язань;
- післягарантійне обслуговування.

На етапі **«Виконання робіт відповідно до гарантійних зобов'язань»** здійснюються:

- роботи з усунення недоліків, виявлених при експлуатації ВС протягом встановлених гарантійних термінів;
- внесення необхідних змін в документацію на ВС.

На етапі **«Післягарантійне обслуговування»** здійснюється:

- аналіз функціонування системи;
- виявлення відхилень фактичних експлуатаційних характеристик ВС від проектних значень;
- встановлення причин цих відхилень;
- усунення виявлених недоліків і забезпечення стабільності експлуатаційних характеристик ВС;
- внесення необхідних змін в документацію на ВС.

Відповідно до стандарту ГОСТ 34.601-90 «Автоматизовані системи. Стадії створення», п. 2.2: «Стадії та етапи, що виконуються організаціями- учасниками робіт зі створення ВС, встановлюються у взаємних договорах і в технічному завданні на створення ВС». Згідно з тим самим п. 2.2 допускається:

- виключати стадію «Ескізний проєкт»;
- виключати окремі етапи робіт на всіх стадіях;
- об'єднувати стадії «Технічний проєкт» і «Робоча документація» в одну стадію – «техноробочий проєкт».

Крім того, у залежності від специфіки створюваних АС і умов їх створення допускається:

- виконувати окремі етапи робіт до завершення попередніх стадій;
- паралельне в часі виконання етапів робіт;
- включення нових етапів робіт.

Кращим варіантом вважається одностадійний проєкт [1,7].

Згідно з пунктом 1.4 ГОСТ 34.601-90 конкретний склад і правила виконання робіт визначаються у відповідній документації тих організацій, які беруть участь у створенні конкретної ВС. Роль замовника у визначенні цих правил завжди повинна бути визначальною.

Головними за ступенем їх впливу на якість майбутньої ВС є етапи проєктування та впровадження.

Після затвердження проекту замовник виділяє кошти для фінансування розробки нестандартного обладнання, придбання технічних засобів, що серійно випускаються, матеріалів тощо. Після отримання починається комплектація ВС.

Монтажні роботи стартують після виготовлення нестандартного устаткування або після отримання основного устаткування в порядку комплектації. Вартість монтажу апаратури ВС значною мірою залежить від апаратури, що використовується. Так, вживання мережних технологій різко знижує витрати на монтаж апаратури збору даних, кількість кабелю, що витрачається тощо. Вартість монтажу може бути знижена в системі створення ВС за рахунок вживання наступних заходів: складання в проекті зручного графіка виконання монтажних робіт, своєчасного матеріального забезпечення і скорочення термінів монтажу. Налагоджувальні роботи починаються після виконання певного об'єму монтажних робіт.

Впровадження ВС слід починати в процесі робочого проектування, не чекаючи монтажу та налагодження обладнання.

У реальних умовах робоче проектування виконується частинами, тому впровадження починається до закінчення робочого проектування – після отримання робочого проекту за комплексом технічних засобів.

Робоче проектування може починатися одразу після затвердження технічного проекту, проте, якщо розробляється нестандартне обладнання, то робочий проект слід починати після затвердження документації на це обладнання, а закінчувати – після завершення розробки.

У складі ВС є різноманітні технічні засоби. Крупні машини й системи, як правило, налагоджують заводи-виготовлювачі або спеціалізовані налагоджувальні організації. Доручити їх налагодження іншим, навіть найбільш кваліфікованим фахівцям, не рекомендується з ряду причин. Налагодження усіх датчиків, дрібних приладів і пуск технічної системи керування в комплексі повинні доручатися організаціям КВПіА та фахівцям, які експлуатуватимуть ВС.

Процес створення ВС може бути оптимізований за вартістю або за часом. При побудові процесу за мінімумом витрат продовжаться терміни створення ВС за рахунок виключення поєднання етапів.

При побудові процесу з мінімальним часом створення ВС збільшуються витрати, у тому числі за рахунок переробок, доробок тощо. Рекомендується вибрати проміжний варіант.

Діяльність проектної організації розробкою проекту не закінчується. Вона зобов'язана надавати технічну допомогу (авторський нагляд) під час виконання решти етапів створення ВС – монтажу, наладки, впровадження та ін. Будь-які зміни на всіх етапах до здачі в експлуатацію можуть вноситися тільки після згоди генпроектувальника.

У зв'язку з тим, що в якості генпроектувальника рекомендується спеціалізована проектна організація, яка через свою специфіку виконує проекти ВС для багатьох підприємств і має необхідний досвід, її поради і рекомендації в процесі здійснення авторського нагляду мають певну цінність для підприємства.

Для забезпечення ефективної роботи системи створення ВС права й обов'язки замовників і розробників регламентовані ОРММ (галузевими нормативними документами).

2.3 Завдання

1. Оберіть стадії та етапи проектування, які мають виконувати спеціалісти найвищої кваліфікації.

2. Поясніть на прикладі, як можна розпаралелити процес проектування. Складіть «дерево проекту» із послідовністю стадій та етапів.

3. Призначте відповідальних виконавців, користуючись класифікатором професій ДК 003:2010 [11].

3 ДОКУМЕНТИ ПО ЕТАПАМ ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

3.1 Теоретичні відомості

Послідовність виконання проектних процедур із відповідною документацією [7] наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Стадії проектування та розробки документації

Стадії розробки	Розробка конструкторської документації	Виробництво (виготовлення виробів)
Розробка технічного завдання	Технічне завдання на розробку нового (модернізованого) виробу.	Макет виробу чи його частин
Розробка проекту	Технічна пропозиція	
	Ескізний проект	
	Технічний проект	
Розробка робочої документації	Робоча документація досліджуваного зразка (досліджуваної партії)	Дослідний зразок
	Робоча документація настановної серії	Настановна партія
	Робоча документація сталого серійного чи масового виробництва	Серійне виробництво

Вихідні дані для проектування систем, наприклад, автоматизованих **систем керування технологічним процесом (АСКТП)**, одержують на підготовчому етапі (під час обстеження підприємства) і в процесі проектування. Перелік вихідних даних значною мірою залежить від об'єкту автоматизації. Обсяг автоматизації керування визначається в період розробки техніко-економічного обґрунтування, підготовки технічного завдання.

Стадія **«Формування вимог до АСКТП»** виконується замовником спільно з розробником системи.

У результаті виконання даної стадії оформляються:

- звіт за ГОСТом 7.32-2001 «Звіт з науково-технічної роботи»;
- заявка на розробку АСКТП.

Основна частина звіту містить наступні розділи:

- 1) характеристика об'єкта і результатів його функціонування;
- 2) опис існуючих засобів автоматизації, інформаційно-керуючої системи;
- 3) опис недоліків існуючих засобів автоматизації та інформаційно-керуючої системи;
- 4) опис вимог до засобів вимірювань автоматизованого технологічного процесу;
- 5) обґрунтування необхідності вдосконалювати існуючі засоби автоматизації та інформаційно-керуючої системи об'єкта;
- 6) цілі, критерії та обмеження створення АСКТП;
- 7) функції та завдання створюваної АСКТП;
- 8) очікувані техніко-економічні наслідки створення АСКТП; висновки і пропозиції.

Стадія «**Розробка концепції АСКТП**» передбачає:

- вивчення матеріалів про стан робіт зі створення аналогічних АСКТП в Україні і за кордоном;
- дослідження об'єкта та існуючої системи керування;
- проведення науково-дослідних робіт;
- загальний аналіз одержаних даних;
- підготовка вихідних документів.

У результаті виробляються, обговорюються і приймаються відповідні технічні та організаційні рішення для вибору варіанта побудови АСКТП. Ці рішення базуються на наступних матеріалах:

1. Початкові положення.
2. Загальна характеристика об'єкта і системи керування.
3. Обґрунтування мети створення АСКТП.
4. Пропозиції щодо організаційної структури.
5. Попередній вибір напряму і обґрунтування комплексу задач керування.
6. Попереднє обґрунтування вибору комплексу технічних засобів.
7. Орієнтовний обсяг витрат на створення системи.
8. Попереднє обґрунтування економічної ефективності.
9. Висновки і пропозиції

Стадія «Технічне завдання»

Технічне завдання на створення АСКТП складається розробником АСКТП за безпосередньої участі організації-замовника. Відповідно до ГОСТ 34.602-89 технічне завдання має містити такі розділи:

1. Загальні відомості.
 - 1.1. Повне найменування системи.
 - 1.2. Шифр теми.
 - 1.3. Найменування організацій-розробників, проєктувальників, замовника та їх реквізити.
 - 1.4. Перелік документів, на підставі яких створюється система.
 - 1.5. Терміни виконання робіт.
 - 1.6. Джерела і порядок фінансування.
 - 1.7. Порядок оформлення і надання замовнику результатів.
2. Призначення та мета створення системи.
 - 2.1. Призначення системи.
 - 2.2. Цілі створення системи.
3. Характеристика об'єкта автоматизації.
4. Вимоги до системи.
 - 4.1. Вимоги до системи в цілому.
 - 4.1.1. Вимоги до структури та функціонування системи.
 - 4.1.2. Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу.
 - 4.1.3. Вимоги до показників призначення.
 - 4.1.4. Вимоги до надійності.
 - 4.1.5. Вимоги безпеки.
 - 4.1.6. Вимоги з ергономіки і технічної естетики.
 - 4.1.7. Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження.
 - 4.1.8. Вимоги до захисту інформації від несанкц. доступу.
 - 4.1.9. Вимоги щодо збереження інформації при аваріях.
 - 4.1.10. Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів.
 - 4.1.11. Вимоги до патентної чистоти.
 - 4.1.12. Вимоги щодо стандартизації та уніфікації.
 - 4.1.13. Додаткові вимоги.
 - 4.2. Вимоги до функцій, які реалізуються системою.
 - 4.2.1. Перелік завдань РСУ і вимоги до якості їх виконання.
 - 4.2.2. Перелік та критерії відмов для кожної функції РСУ.
 - 4.2.3. Перелік завдань системи ПАЗ.

- 4.2.4. Перелік та критерії відмов для кожної функції системи.
- 4.3. Вимоги до видів забезпечення.
 - 4.3.1. Вимоги до прикладного програмного забезпечення.
 - 4.3.2. Вимоги до інформаційного забезпечення.
 - 4.3.3. Вимоги до лінгвістичного забезпечення.
 - 4.3.4. Вимоги до стандартного програмного забезпечення.
 - 4.3.5. Вимоги до технічного забезпечення.
 - 4.3.6. Вимоги до метрологічного забезпечення.
 - 4.3.7. Вимоги до організаційного забезпечення.
- 5. Склад і зміст робіт щодо створення АСКТП.
 - 5.1. Перша організаційна нарада.
 - 5.2. Обробка вихідних даних.
 - 5.3. Розробка технічного проєкту.
 - 5.4. Розгляд технічного проєкту.
 - 5.5. Конфігурація функцій контролю та керування.
 - 5.6. Конфігурація функцій подання інформації.
 - 5.7. Приймання робочого проєкту.
 - 5.8. Шефмонтаж і пусконаладжування.
 - 5.9. Пуск АСКТП в експлуатацію.
 - 5.10. Гарантійний термін.
- 6. Порядок контролю і приймання.
- 7. Вимоги до складу, змісту робіт з підготовки до вводу в дію.
- 8. Вимоги до документування.
- 9. Джерела розробки.
- 10. Додатки.
- 11. Погоджено.

Відповідно до ГОСТ 34.201-89, п. 2.1 в технічному завданні на систему повинен бути визначений «Перелік найменувань розроблюваних документів і їх комплектність на систему та їх частини».

Відповідно до ГОСТ 34.003-90 Інформаційна технологія «Автоматизовані системи. Терміни та визначення» технічне завдання в обов'язковому порядку має містити попередній план-графік робіт зі створення АСКТП.

Технічне завдання на створення АСКТП для об'єктів усіх категорій вибухонебезпечності узгоджується з регіональним представником Укртехнагляду, як незалежною контролюючою

організацією третьої сторони, що здійснює нагляд над промисловою безпекою.

Технічне завдання на створення АСКТП затверджується керівником / головним інженером підприємства-замовника і керівником / технічним директором організації-розробника системи.

Зміни і доповнення до ТЗ оформлюються у вигляді протоколу або додатків до ТЗ, узгоджуються з технаглядом і затверджуються замовником та розробником системи. З цього моменту протокол або доповнення до ТЗ стають невід'ємною частиною технічного завдання на систему.

Розробка технічного проєкту АСКТП

На підставі вихідних даних розробник виконує технічний проєкт відповідно до вимог технічного завдання.

Впровадження АСКТП

Впровадження АСКТП здійснюється відповідно до плану-графіка, у якому передбачаються всі необхідні заходи для реалізації конкретної АСКТП.

На стадії **«Введення в дію»**, згідно ГОСТ34.601-90 «Стадії створення», встановлюються наступні етапи випробувань:

- попередні випробування;
- дослідна експлуатація;
- приймальні випробування.

3.1.1 Робоча документація на етапі «Робочий проєкт»

Розробка, конфігурація, завантаження, тестування н налагодження функцій керування і захисту, а також конфігурація РСУ і ПАЗ в цілому виконуються розробником. Робочий проєкт включає у свій склад текстову і графічну документацію, необхідну для впровадження і функціонування системи. Склад робочого проєкту наведено нижче.

Том 1. Загальносистемна документація

Текстові матеріали:

1. Перелік томів і книг робочого проєкту.
2. Перелік документів тому.

3. Список основних виконавців тому.
4. Пояснювальна записка
5. Посадові інструкції обслуговуючого персоналу.
6. Інструкція з експлуатації АСКТП.
7. Інструкції з регламентів роботи АСКТП.
8. Формуляр. Графічні матеріали:
 - уточнена схема функціональної структури системи.
 - уточнена схема організаційної структури системи.

Том 2. Інформаційне забезпечення

Текстові матеріали:

1. Перелік томів проєкту.
2. Зміст тому.
3. Список основних виконавців тому.
4. Пояснювальна записка: основні положення; коди і макети; нормативно- довідкова інформація (НДІ); форми документів; технологія функціонування АСКТП.
5. Коди.
6. Інструкційні карти.
7. Робочі інструкції оперативного персоналу.

Графічні матеріали:

- схема технології робіт.
- форми вихідних документів.

Том 3. Технічне забезпечення

Книга 1. Загальні матеріали. Текстові матеріали:

1. Перелік томів проєкту.
2. Зміст тому.
3. Список основних виконавців тому.
4. Зміст книги.
5. Пояснювальна записка: загальні матеріали; рекомендації з монтажу КТЗ АСКТП.
6. Відомості кросові.
7. Журнал кабелів і труб.
8. Перелік типових креслень, використаних у проєкті.

Графічні матеріали:

1. Уточнена схема структурна КТЗ.

2. Уточнена схема структурна інформаційно-обчислювального комплексу.
3. Уточнені функціональні схеми локальної автоматики.
4. Уточнені функціональні схеми збору, обробки і використання інформації.
5. Схеми принципів електричні (пневмоелектричні, гідравлічні) контролю, автоматичного регулювання, керування, сигналізації, живлення.
6. Зовнішній вигляд щитів, пультів.
7. Схеми з'єднань, щитів, пультів.
8. Схеми підключень електричних і трубних проводок.
9. Уточнені плани розміщення технічних засобів і проводок.
10. Нетипові настановні креслення засобів технічного забезпечення (при необхідності).
11. Загальні види нестандартизованого і нестандартного устаткування.

Книга 2. Замовлені специфікації (прилади, засоби автоматизації, проводка, інше устаткування)

Книга 3. Завдання заводу – виготовлювачеві щитів і пультів

Книга 4. Кошторис

Том 4. Програмне забезпечення (для кожної задачі)

Текстові матеріали:

1. Перелік томів проекту.
2. Зміст тому.
3. Зміст книги.
4. Перелік виконавців книги.
5. Пояснювальна записка: основні положення; опис алгоритмів; розрахунок завантаження пам'яті обчислювального комплексу; перелік загальних програм; перелік спеціальних програм.
6. Опис програми.
7. Посібник з користування програмою.
8. Зразки вихідних документів.

Графічні матеріали:

Схема технології рішення задачі.

Загальносистемна документація, яка включає матеріали, загальні для всього робочого проєкту, а також документацію організаційного забезпечення.

До загальних матеріалів відносяться: пояснювальна записка, формуляр і уточнена схема функціональної структури системи.

У зв'язку зі значним обсягом проєктних матеріалів і тривалістю розробки проєктів усі матеріали техноробочого проєкту (ТРП) рекомендується поділяти на три частини:

1. Матеріали, необхідні для проєктування і затвердження.
2. Матеріали, необхідні для комплектації, монтажу й експлуатації КТЗ.
3. Матеріали, необхідні для функціонування АСКТП.

3.2 Завдання

1. Знайдіть стандарт, згідно якого оформлюється «Звіт з науково-технічної роботи», скопіюйте у звіт його основні положення.

2. Згідно варіанту, складіть пункт звіту на стадії **«Формування вимог до АСКТП»**.

3. Обґрунтуйте мету створення АСКТП на стадії **«Розробка концепції АСКТП»**.

4 ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Більш детально пристрої вимірювальної техніки розглянуті у відповідному курсі [12,13]. Розглянемо в цій темі основні характеристики і реалізацію інформаційно-вимірювальних систем.

4.1 Структура вимірювальних систем

Класифікацію засобів вимірювання наведено на рис. 4.1 [1,7].



Рисунок 4.1 – Класифікація засобів вимірювань

Вимірювальна інформаційна система (ВІС) – сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів контролю, діагностування та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної та інших видів інформації з метою надання її споживачеві (в тому числі в АСК) у потрібному вигляді.

За ГОСТ 8.437-81: інформаційно-вимірювальна система – сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів для отримання вимірювальної інформації, її перетворення, обробки з метою представлення споживачу (в тому числі введення в АСК) в необхідному вигляді або автоматичного здійснення логічних функцій контролю, діагностування, ідентифікації.

Основне призначення ВІС – цілеспрямоване оптимальне проведення вимірювального процесу і забезпечення суміжних систем вищого рівня достовірною інформацією. Виходячи з цього основні функції ВІС такі:

- отримання вимірювальної інформації з об'єкту дослідження;
- обробка, передача і подання вимірювальної інформації оператору або ЕОМ;
- запам'ятовування і зберігання вимірювальної інформації;
- формування керувальних впливів керування процесом вимірювання.

4.2 Основні характеристики ВІС

Вимірювальна інформаційна система є складним об'єктом техніки, що має ряд характеристик, основними з яких є інформаційні і метрологічні. Основні *інформаційні характеристики* такі:

- параметри інформаційного потоку від об'єкта на систему в цілому та на її окремі елементи;
- продуктивність елементів ВІС;
- необхідні ємкості запам'ятовувальних пристроїв ВІС.

Основними метрологічними характеристиками ВІС є *точність* та *достовірність* вимірювань.

Найпоширенішою є класифікація ВІС за *функціональною ознакою*, за якою вони реалізуються у вигляді:

- вимірювальних систем;
- систем автоматичного контролю;
- систем технічного діагностування;
- систем розпізнавання образів (ідентифікації);
- систем телевимірювання.

В системи технічної діагностики, автоматичного контролю та розпізнавання образів ВІС входить як підсистема.

Теоретичні та практичні основи дослідження систем автоматичного керування (САК) викладаються у відповідному курсі. В тому числі, основи синтезу САК в середовищі САЕ програм у лабораторному практикумі [3]. Аналіз САК шляхом математичного моделювання розглянуто в курсі «Комп'ютерне моделювання [9].

4.3 Основні компоненти інформаційно-вимірювальних систем

Склад і структура конкретної ІВС визначається загальними технічними вимогами, встановленими ГОСТом, і приватними вимог, що містяться в технічному завданні на її створення.

Вимірювальна інформаційна система повинна управляти вимірювальним процесом або експериментом відповідно до прийнятого критерію функціонування;

- виконувати покладені на неї функції відповідно до призначення і мети;
- володіти необхідними показниками і характеристиками точності, надійності і швидкодії;
- відповідати економічним вимогам, що пред'являються до способів і форми подання інформації, розміщення технічних засобів;
- бути пристосованою до функціонування з вимірювальними інформаційними системами суміжних рівнів ієрархії і іншими ІВС і ІВК, тобто мати властивості технічної, інформаційної та метрологічної сумісності;
- допускати можливість подальшої модернізації та розвитку та ін.

Процесом функціонування ІВС (як і будь-якої іншої технічної системи) є цілеспрямоване перетворення вхідної інформації у вихідну. Це перетворення виконується або автоматично комплексом технічних засобів (КТЗ) (технічним забезпеченням), або спільно-оперативним персоналом і КТЗ в складних ІВС, ІВК, вимірювально-керуючих системах (ВКС).

Щоб люди і комплекс технічних засобів могли функціонувати оптимально, необхідні відповідні інструкції і правила. Це завдання виконує організаційне забезпечення.

Математичне, програмне та інформаційне забезпечення входить до складу тільки ІВС, ІВК і ВКС з цифровим обчислювальним комплексом.

Математичне забезпечення – це моделі і розрахункові алгоритми.

Програмне забезпечення гарантує конкретну реалізацію обчислювальних алгоритмів і алгоритмів функціонування системи,

охоплює коло рішень, пов'язаних з розробкою і експлуатацією програм.

Інформаційне забезпечення визначає способи і конкретні форми інформаційного відображення стану об'єкта дослідження у вигляді документів, діаграм, графіків, сигналів для їх подання обслуговуючому персоналу і ЕОМ для подальшого використання в управлінні.

Всю систему в цілому охоплює метрологічне забезпечення.

Технічні засоби ІВС складаються з наступних блоків:

- 1) множина первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків);
- 2) множина вторинних вимірювальних перетворювачів;
- 3) множина елементів порівняння - мір;
- 4) блоку цифрових пристроїв;
- 5) множина елементів опису - норм;
- 6) множина перетворювачів сигналу, засобів відображення, пам'яті та ін.

Блоки 1–6 використовують в цифрових ІС; блоки 1, 2, 3 і 6 – в аналогових ІС.

При наявності в складі ІВС ЕОМ інформація до ЕОМ може надходити безпосередньо від пристроїв обробки і (або) зберігання.

4.4 Реалізація ІВС на апаратно-програмному забезпеченні EATON

Серія *easyFamily* фірми *EATON* [6] є узгодженою універсальною системою: від реле керування *easyRelay* і багатофункціонального дисплея MFD-Titan до реле керування безпеки *easySafety* і компактного ПЛК *easyControl* (рис. 4.2-4.3).

В основі пристроїв лежить загальний принцип, вони розраховані на вирішення завдань вимірювання та керування різної складності. Пристрої *easyFamily* завдяки своїй багатофункціональності є оптимальним рішенням для використання в багатьох областях застосування (промисловість, автоматизація будівель, торгівля та ін.).

В лабораторних практикумах в якості керуючого органу використовується програмоване, або як його ще називають, інтелектуальне (SMART) реле. Фактично, це промисловий контролер

із обмеженими можливостями, та набагато меншою ціною, що робить його найбільш зручним для проектування так званих «систем малої автоматизації».



Рисунок 4.2 – Пристрої серії easyFamily

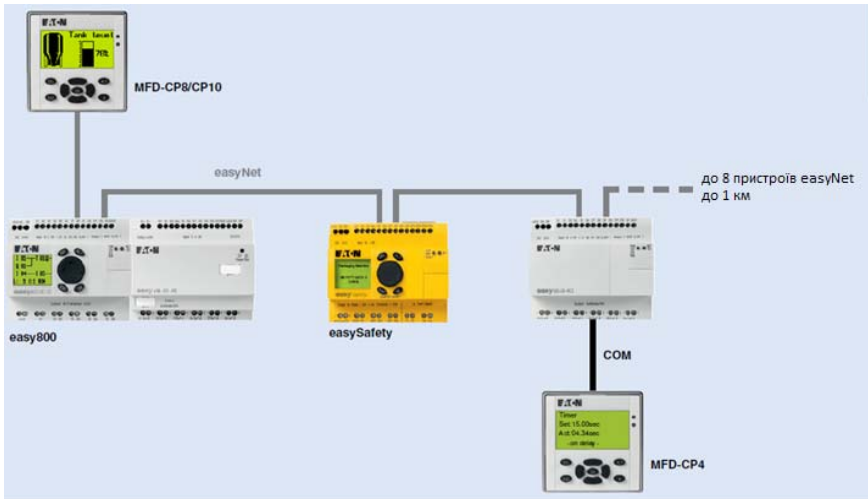


Рисунок 4.3 – Об'єднання пристроїв easyFamily в систему

Ринок засобів і систем автоматизації насичений промисловими контролерами самих різних виробників, серед яких такі відомі фірми, як *ABB*, *Allen Bradley*, *Honeywell*, *Omron*, *Moore Products*, *PEP Modular Computers* і багатьох інших.

Відповідно до класифікації, наведеної в [7], ПЛК можна розділити на наступні групи:

1. Основні ПЛК (*Siemens - SIMATIC S5 і S7; Segnetics - Pixel 2511 SMH 2Gi; Omron; Mitsubishi – серія Melsec (FX, Q); Schneider Electric - Modicon серій Twido, M340, TSX Premium, TSX Quantum; Beckhoff; Allen -Bradley: ControlLogix*).

2. Програмоване (інтелектуальні) реле (*Siemens LOGO!, Mitsubishi – серія Alpha XL, Schneider Electric – Zelio Logic, Omron ZEN, Moeller – EASY, MFD-Titan, Comat BoxX*).

3. Програмні логічні контролери на базі *IBM PC*-сумісних комп'ютерів (англ. *SoftPLC*) (*MicroPC, WinCon, WinAC, CoDeSys SP / SP RTE*).

4. Програмні логічні контролери.

Сфери застосування програмованих (інтелектуальних) реле:

- автоматизація невеликих агрегатів для виробництва, збірки, обробки і упаковки;
- автоматизація сільськогосподарських сфер (системи іригації, теплиці);
- автоматизація шлагбаумів, воріт, систем контролю доступу; - автоматизація компресорів та систем кондиціонування повітря;
- керування освітленням відповідно до різних заданих алгоритмів;
- регулювання температури і вентиляції в житлових приміщеннях і на підприємствах;
- керування водопостачанням будинку, фонтанами, акваріумами, насосними станціями;
- керування транспортерами і змішувачами;
- керування апаратурою на рухомій техніці, верстатами, виробничими лініями;
- забезпечення сигналізації та оповіщення.

Програмне забезпечення ПЛК та програмованих реле.

Програмне забезпечення [14] розробляється відповідно до стандарту на мовні конструкції (мови програмування ПЛК), визначені у частині 3 стандарту МЕК 61131. Стандартом МЕК 61131 (або ІЕС 61131) запропоновані наступні п'ять мов програмування контролерів:

- 1) мова релейних діаграм LD;
- 2) мова функціональних блоків FBD;

- 3) мова послідовних функціональних схем SFC;
- 4) мова структурованого тексту ST;
- 5) мови інструкцій IL.

За різними оцінками до 80% ринку ПЛК обслуговується програмними продуктами, які реалізують в тій чи іншій мірі цей стандарт.

4.5 Завдання

1. Оформіть рис.4.4 у вигляді структурної схеми, покажіть інформаційні зв'язки.
2. Оберіть мову програмування для інтелектуального реле.
3. Задайте алгоритм керування виходами, імітованими світлодіодами в залежності від вимірної температури (або меж температури) на вході.
4. Опишіть цей алгоритм на обраній мові програмування.
5. Підберіть апаратне забезпечення для заданої системи малої теми автоматизації на базі продукції EATON [6].

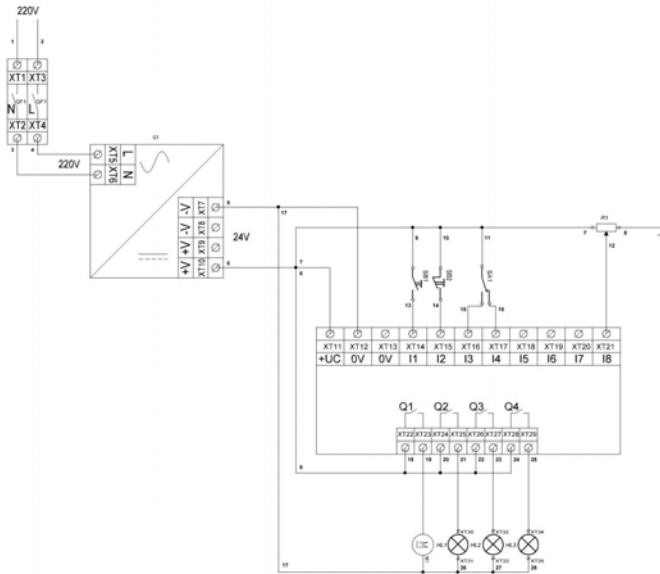


Рисунок 4.4 – Схема з'єднань ІВС

5 ФУНКЦІОНАЛЬНІ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Приклад оформлення функціональної схеми

Приклад оформлення функціональної схеми автоматизації з використанням локальних засобів автоматизації наведено на рис.5.1 [1].

Контур 1 – (див. рис. 5.1) стабілізація витрати початкової суміші. Датчик витрати – діафрагма (поз. 1 – 1). Сигнал з діафрагми подається на дифманометр із пневматичним вихідним сигналом (поз. 1 – 2). Далі пневматичний сигнал подається на вторинний реєструючий прилад зі станцією керування (поз. 1 – 3). Далі сигнал надходить на виконавчий механізм з регулювальним органом, який встановлений на лінії подачі початкової суміші (поз. 1 – 5).

Контур 2 – регулювання рівня в кубі колони. Датчиком рівня є рівнемір буйковий, конструктивно виконаний разом із пневматичним перетворювачем (2 – 1 на схемі й 2 – 1 у приладах за місцем). Пневматичний вихідний сигнал подається на пневматичний комплект (аналогічний контуру 1).

Контур 3 – контроль тиску в колоні. Використовується звичайний манометр, що показує, встановлений за місцем (поз. 3).

Контур 4 – стабілізація витрати охолоджувальної води в дефлегматор. Датчиком витрати є діафрагма (поз. 4 – 1). Сигнал з діафрагми подається на дифманометр з електричним вихідним сигналом (поз. 4 – 2). Далі сигнал надходить на вторинний показуючий та реєструючий прилад (4 – 3). Далі сигнал надходить на автоматичний регулятор (поз. 4 – 4). Сюди ж надходить сигнал від задатчика (поз. 4 – 5). Далі сигнал з автоматичного регулятора надходить на блок керування (перехід з ручного керування на автоматичне й навпаки) (поз. 4 – 6). Потім сигнал надходить на пускач (поз. 4 – 7) і далі на виконавчий механізм з регулювальним органом (поз. 4 – 8).

Контур 5 – регулювання температури в колоні. Датчиком температури є термометр опору (поз. 5 – 1). Сигнал з термометра опору подається на автоматичний електронний міст із пневматичним регулюючим пристроєм (поз. 5 – 2). Потім сигнал надходить на панель керування (поз. 5 – 3). І далі сигнал надходить на виконавчий

механізм із регулювальним органом, встановлений на лінії подачі пари в змійовик (теплообмінник) (поз. 5 – 4).

Контур 6 – контроль концентрації в колоні. Датчиком концентрації є кондуктометр (поз. 6 – 1). Потім сигнал надходить на проміжний перетворювач (поз. 6 – 2) і далі на вторинний прилад (поз. 6 – 3).

Контур 7 – контур стабілізації витрати готового продукту. Датчиком витрати є ротаметр із пневматичним вихідним сигналом (конструктивно єдине ціле). Далі аналогічно контуру 1.

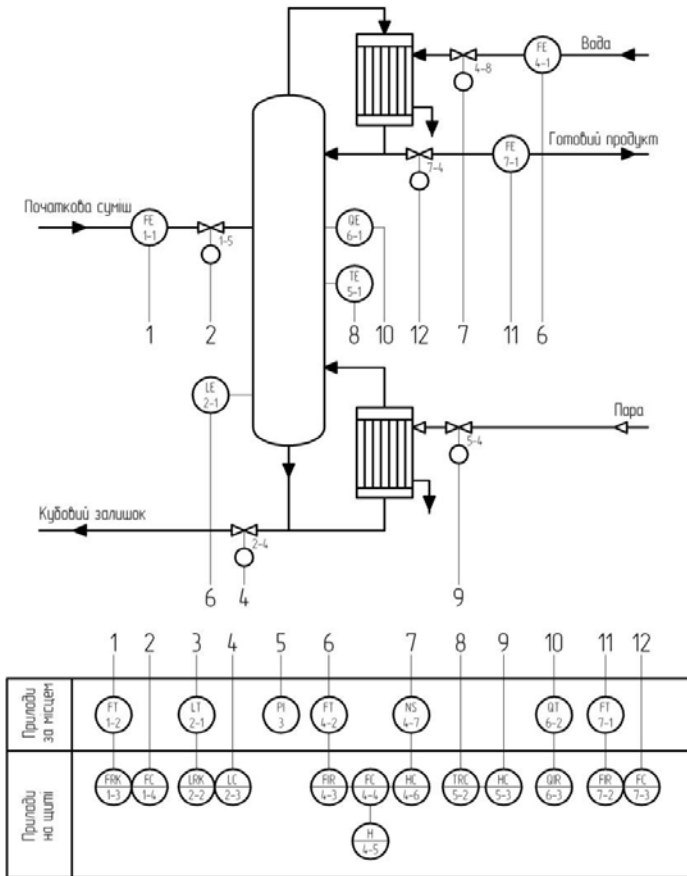


Рисунок 5.1 – Оформлення функціональної схеми автоматизації при її реалізації на локальних засобах автоматизації

5.2 Завдання

1. Використовуючи наведений вище приклад та таблиці в Додатку А та Додатку Б, описати контури функціональної схеми автоматизації з використанням мікроконтролера (рис.5.2).

Номер варіанта відповідає номеру контуру регулювання.

Контур 1 – стабілізація витрати початкової суміші.

Контур 2 – регулювання рівня в кубі колони.

Контур 3 – контроль тиску в колоні.

Контур 4 – стабілізація витрати охолоджувальної води в дефлегматор.

Контур 5 – регулювання температури в колоні.

Контур 6 – контроль концентрації в колоні.

Контур 7 – контур стабілізації витрати готового продукту.

2. Відповісти на питання (кожний по своєму контуру):

- який датчик (датчики) використано?
- який шлях передачі?
- яким чином здійснюється перетворення інформації (перетворення сигналу) в контурі?
- чи є в контурі виконавчий механізм (регулювальний орган), який саме?

3. Відповісти на питання сукупно по функціональній схемі:

- яке призначення даної системи?
- які пристрої встановлені на місті?
- які пристрої встановлені на пульті/щиті?
- які функції має контролер в даній системі?
- яку функцію виконує SCADA?
- за яким протоколом він обмінюється інформацією із SCADA?
- яких умовних позначок не вистачає в Додатку В? Створите їх за зразком для даної схеми.

4. Розробіть аналогічну схему для обраного (наданого викладачем) об'єкту автоматизації.

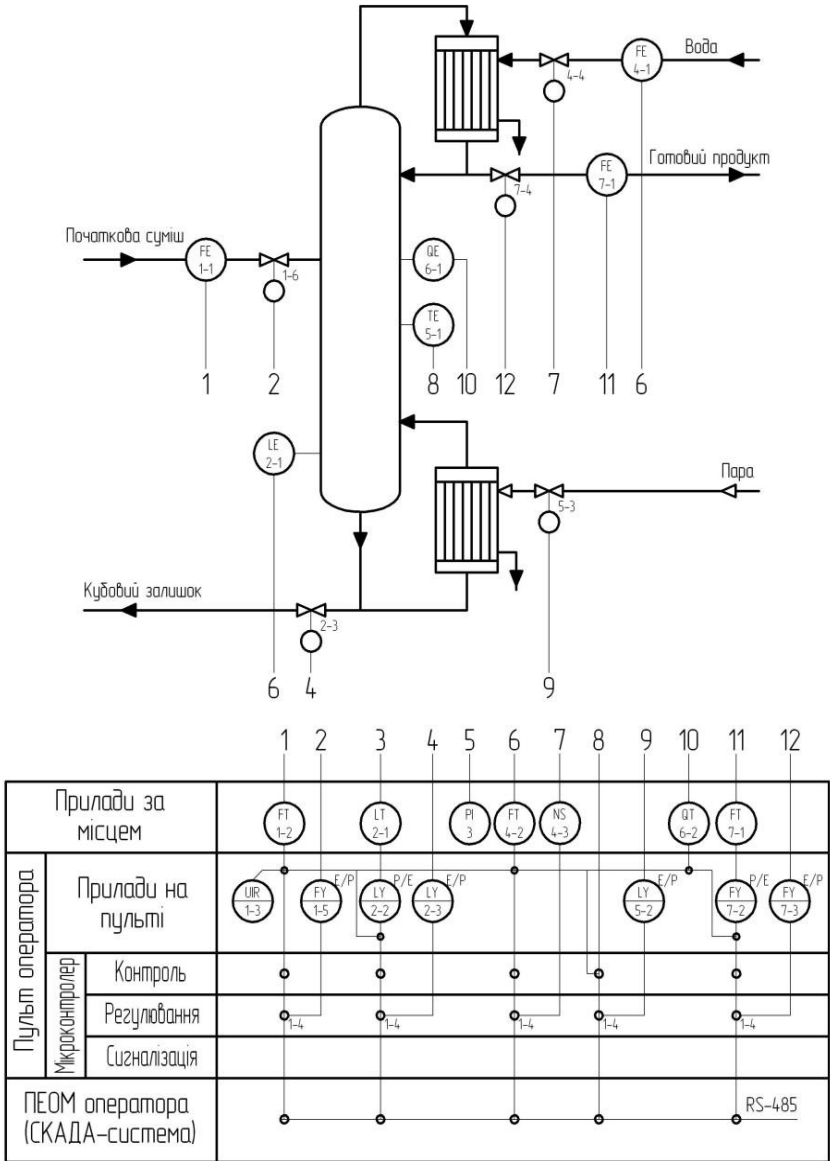


Рисунок 5.2 – Оформлення функціональної схеми автоматизації при її реалізації з використанням контролера

6 НАСКРІЗНЕ ПРОЄКТУВАННЯ. ВІРТУАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

6.1 Вибір класу САПР САК

Під *автоматизацією проєктування* розуміється такий спосіб виконання процесу розроблення проєкту, коли проєктні процедури й операції здійснюються розробником виробу за умови тісної взаємодії з ПК [1,7].

Система автоматизованого проєктування (САПР) – це система, що включає користувача (інженера, конструктора, технолога) і комплекс засобів автоматизації проєктування, які утворюють технічне (далі – ПК), програмне, математичне, інформаційне, лінгвістичне, методичне, організаційне забезпечення.

Розрізняють автоматизоване й автоматичне проєктування. **Автоматизованим** називають проєктування, при якому всі перетворення описів об'єкта і алгоритму його функціонування, а також представлення описів на різних мовах здійснюються взаємодією людини і ПК. **Автоматичним** є проєктування, при якому всі перетворення описів об'єкта й алгоритму його функціонування, а також представлення опису на різних мовах здійснюються без участі людини [1].

САПР складається з взаємопов'язаних засобів забезпечення:

– *технічне* (ТЗ) – включає різні апаратні засоби (ЕОМ, периферійні пристрої, мережне комутаційне обладнання, лінії зв'язку, вимірювальні засоби);

– *математичне* (МЗ) – об'єднує математичні методи, моделі й алгоритми для виконання проєктування;

– *програмне* (ПЗ) – представлене комп'ютерними програмами САПР;

– *інформаційне* (ІЗ) – складається з *баз даних* (далі – БД), систем керування базами даних (далі – СКБД), а також інших даних, використовуваних при проєктуванні; відзначимо, що вся сукупність використовуваних при проєктуванні даних називається інформаційним фондом САПР, а БД разом із СКБД має назву *банку даних* (БНД).

- *лінгвістичне* (ЛЗ) – виражається мовами спілкування між проєктувальниками і ЕОМ, мовами програмування та мовами обміну даними між технічними засобами САПР;
- *методичне* (МтЗ) – включає різні методики проєктування, іноді до МтЗ відносять також математичне забезпечення;
- *організаційне* (ОЗ) – представлене штатними розкладами, посадовими інструкціями та іншими документами, що регламентують роботу проєктного підприємства.

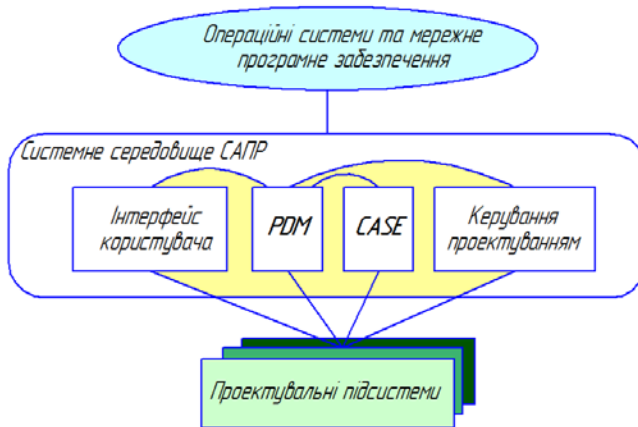


Рисунок 6.1 – Структура програмного забезпечення САПР

Тут *CASE* (*Computer Aided Software Engineering*) – системи для розробки та супроводу програмного забезпечення САПР,

PDM (*Product Data Manager*) – програми керівництва проєктом.

Створення нового технічного об'єкта – складний і тривалий процес, в якому стадія проєктування має вирішальне значення в здійсненні задуму і досягненні високого технічного рівня.

Математично технічні системи можуть описуватися різними способами, в залежності від класу системи (див. 1.1.2). Найбільш часто зустрічаються класи систем і способи їх опису:

- безперервні системи, описувані звичайними диференціальними рівняннями;
- дискретні системи, описувані кінцево-різницевиими рівняннями;
- системи з розподіленими параметрами, які описуються диференціальними рівняннями в приватних похідних;

- системи з післядією, описувані функціонально-диференціальними рівняннями. Такі системи виникають тоді, коли протікання процесу визначається не тільки станом системи в даний момент, але також і передісторією процесу;

- стохастичні системи, описувані ймовірнісними поняттями і методами.

Для опису однієї і тієї ж реальної системи може бути використаний різний математичний апарат, в залежності від цілей дослідження і вимог точності та адекватності. Саме математичний опис буде визначати вибір інструментальних засобів і технологій проектування систем. При цьому на сучасному етапі особлива увага приділяється проектуванню технічних систем, характерною особливістю яких є різке підвищення їх логічної складності, жорсткості вимог якості проектування і зниження часу і вартості розробки. Вирішити зазначені протиріччя, що виникають при проектуванні технічних систем, особливо засобів і систем керування (ЗСК), на сучасному етапі можливо тільки через розробку і впровадження систем автоматизованого проектування (САПР). Вміння застосовувати такий інструментальний засіб проектування ЗСУ, як САПР, ґрунтується на розумінні того, яким чином будується САПР, її структура та окремі підсистеми, на знанні ММ, методів їх формування, методів і алгоритмів аналізу та синтезу, які покладені в основу цих підсистем.

Класифікацію САПР здійснюють за низкою ознак, наприклад, за цільовим призначенням, масштабами (комплексності вирішуваних завдань), характером базової підсистеми – ядра САПР. У загальному сенсі класифікація – це система супідрядних понять, часто представляється у вигляді схем, таблиць і використовується як засіб для встановлення зв'язків між цими поняттями. Класифікація фіксує місце об'єкта в системі, яка вказує на його властивості. Класифікація створює умови для розробки технічно обґрунтованих норм забезпечення процесу створення, функціонування та стандартизації в області САПР. За сферою використання найбільш представницькими та широко використовуваними є наступні групи САПР:

- САПР для застосування в галузях загального машинобудування. Їх часто називають машинобудівними САПР або *MCAD*-системами (*Mechanical CAD*);

- САПР для радіоелектроніки – ECAD (*Electronic CAD*) або EDA (*Electronic Design Automation*) системи;

- САПР в області архітектури і будівництва.

Крім того, відома велика кількість більш спеціалізованих САПР, або САПР, що виділяються в зазначених групах, або представляють самостійну гілку в класифікації. За цільовим призначенням розрізняють САПР або підсистеми САПР, що забезпечують різні аспекти проектування:

- САПР функціонального проектування, інакше CAE-системи (*Computer Aided Engineering*);

- конструкторські САПР, часто звані CAD-системами (*Computer Aided Design*);

- технологічні САПР, інакше звані автоматизованими системами технологічної підготовки виробництва або CAM-системами (*Computer Aided Manufacturing*).

Моделювання найтіснішим чином пов'язано з проектуванням. Зазвичай спочатку проектують систему, потім її випробовують, потім знову коректують проєкт і знову випробовують, і так до тих пір, поки проєкт не стане задовольняти пропонованим до нього вимогам. Цей процес циклічний. При цьому цикл має вигляд спіралі – з кожним поворотом проєкт стає все краще, так як модель стає все більш детальною, а рівень опису точніше.

6.2 Наскрізне та віртуальне виробництво

Найбільш потужними програмними комплексами для проектування в електроніці є системи «віртуального виробництва» – VM (*Virtual Manufacturing*). Це означає, що системи моделюються на всіх рівнях та етапах їхнього проектування, що дозволяє оптимізувати системи і по критерію собівартості.

Досить поширеними з таких систем є CATIA фірми *Dassault Systemes* та пакет *FactorySuite* фірми *Wonderware*. В якості основи цих систем виступає програмне забезпечення класу PDM (*Product Design Management*), або, як вони ще називаються – PLM (*Product Lifecycle Management*), це означає, що вся автоматизація підприємства будується навколо життєвого циклу виробу. Ідеологія PLM

народилася в компанії *IBM*. Ті компанії, які інтегрують виробництво на основі *PDM/PLM* – найбільш конкурентоспроможні.

Структура таких комплексів має вигляд, представлений на рис.6.1.

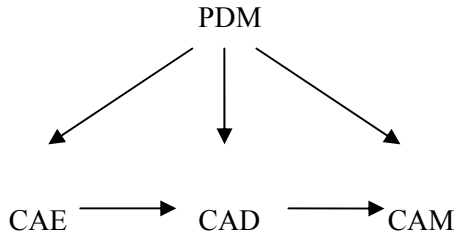


Рисунок 6.2 – Наскрізне проєктування в концепції життєвого циклу виробу

На рис. 6.2 використані такі позначки:

PDM – головна програма керівництва проєктом, забезпечує збирання інформації, контроль над проєктом в цілому та конвертацію між підсистемами програмного комплексу;

CAE – *Computer Aided Engineering* – система для оцінки якості проєкту в цілому, його оптимізації на системному рівні. В ній виконується розбиття системи на підсистеми (електронні, механічні, оптичні і т.і.), до цієї системи повертається інформація про зовнішні параметри, отримані моделюванням у відповідних *CAD*-системах, після чого виконується оптимізація;

CAD – *Computer Aided Design* – системи автоматизоване проєктування на різних рівнях (схемотехнічному, функціональному та системному) для різних підсистем, визначених системою *CAE*;

CAM – *Computer Aided Manufacturing* – автоматизоване виробництво за допомогою генерованих попередніми системами програм для верстатів із числовим програмним керуванням та автоматичних/автоматизованих ліній на їхній основі, маршрутних карт та всього комплексу необхідної документації. Головні функції *CAM*-систем: розроблення технологічних процесів, синтез керувальних програм, для технологічного обладнання з числовим програмним керуванням (далі – ЧПК), моделювання процесів обробки, зокрема побудова траєкторій відносного руху інструменту та заготовлення в процесі обробки, генерація процесорів посту для

певних типів обладнання з ЧПК (*NC – Numerical Control*), розрахунок норм часу обробки

Низхідне (градація по мірі зменшення рівня абстракції) проектування можна представити через концепцію віртуального виробництва (рис.6.3).

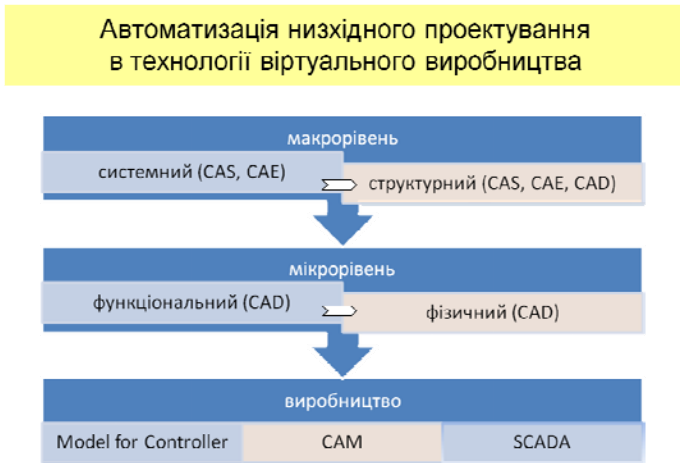


Рисунок 6.3 – Наскрізне проектування в концепції віртуального виробництва

Розподіл *CAD/CAE/CAM*-систем за етапами технологічної підготовки виробництва (далі – ТПВ):

1. *Етап конструювання (CAD, CAE)* – припускає об’ємне і плоске геометричне моделювання, інженерний аналіз на розрахункових моделях високого рівня, оцінку проектних рішень, отримання креслень.

2. *Етап технологічної підготовки виробництва* (далі – ЕТПВ) – на Заході називають *CAPP (Computer Automated Process Planing)* – припускає розроблення технологічних процесів, технологічного оснащення, керувальних програм (далі – КП), для обладнання з чисельно-програмним керуванням (далі – ЧПК). Сюди входить завдання САПР ТП – розроблення технологічної документації (маршрутної, операційної), що доводиться до робочих місць і регламентує процес виготовлення деталі.

3. *Конкретний опис обробки* на обладнанні з ЧПК у вигляді керувальних програм уводиться в систему автоматизованого керування виробничим обладнанням, яку на Заході називають *CAM*.

Інтегрований пакет комплексної автоматизації *FactorySuite 2000* компанії *Microware (USA)* підтримує всі рівні автоматизації промислового виробництва. В ньому поєднуються функції управління промисловим процесом на базі *SCADA*-систем та глобального бізнес-менеджмента.

В математичному забезпеченні *FactorySuite* та програмних продуктів сімейства *CATIA* компанії *Dassault Systemes* використовується скриптове моделювання *Generative Knowledge*, що означає опис елементів (*smart parts* - "розумних деталей") в вигляді підпрограм на високорівневій мові програмування, централізоване зберігання таких програм та їхнє повторне використання із можливістю вводу інших параметрів (параметризовані макромоделі).

6.3 Технології CALS

CALS-технологія – це технологія комплексної комп'ютеризації сфер промислового виробництва, мета якої – уніфікація та стандартизація специфікацій промислової продукції на всіх етапах її життєвого циклу. Головні специфікації представлені проектною, технологічною, виробничою, маркетинговою, експлуатаційною документацією. У *CALS*-системах передбачено зберігання, обробка та передача інформації в комп'ютерних середовищах, оперативний доступ до даних у потрібний час і в потрібному місці. Відповідні системи автоматизації назвали автоматизованими логістичними системами або *CALS (Computer Aided Logistic Systems)* [15]. Оскільки під логістикою зазвичай розуміють дисципліну, присвячену питанням постачання та керування запасами, а функції *CALS* набагато ширше й обумовлюються з усіма етапами життєвого циклу промислових виробів, застосовують і більш розповсюджену розшифровку абрєвіатури *CALS – Continuous Acquisition and LifeCycle Support*.

Застосування *CALS* дає змогу істотно зменшити обсяг проектних робіт, оскільки описи багатьох складників обладнання, машин і систем, що проектувалися раніше, зберігаються в базах даних мережних серверів, доступних будь-якому користувачеві технології

CALS. Істотно полегшується вирішення проблем ремонтоздатності, інтеграції продукції різних систем і середовища, адаптації до змінних умов експлуатації, спеціалізації проектних організацій тощо.

Розвиток *CALS*-технології повинен призвести до появи так званих віртуальних виробництв, при яких процес створення специфікацій з інформацією для програмно-керованого технологічного обладнання, достатній для виготовлення виробу, може бути розподілений у часі й просторі між багатьма організаційно автономними проектними студіями. Серед безперечних досягнень *CALS*-технології варто назвати легкість розповсюдження передових проектних рішень, можливість багатократного відтворення частин проекту в нових розробках тощо.

Побудова відкритих розподілених автоматизованих систем для проектування та керування у промисловості становить основу сучасної *CALS*-технології. Головна проблема їх побудови – забезпечення одноманітного опису й інтерпретації даних, незалежно від місця і часу їх отримання в загальній системі, що має масштаби аж до глобальних. Структура проектної, технологічної та експлуатаційної документації, мови її подання повинні бути стандартизованими. Тоді стає реальною успішна робота над загальним проектом різних колективів, розділених в часі й просторі та які використовують різні *CAE/CAD/CAM*-системи. Та сама конструкторська документація може бути використана багато разів у різних проектах, а та сама технологічна документація адаптована до різних виробничих умов, що дає змогу істотно скоротити й здешевіти загальний цикл проектування та виробництва. Крім того, спрощується експлуатація систем.

Отже, інформаційна інтеграція є невід’ємною властивістю *CALS*-систем. Тому *CALS*-технологія базується на низці стандартів, що забезпечують таку інтеграцію.

Важливі проблеми, що потребують вирішення під час створення комплексних САПР, – керування складністю проектів та інтеграція програмного забезпечення (ПЗ). Ці проблеми охоплюють питання декомпозиції проектів, розпаралелювання проектних робіт, цілісності даних, міжпрограмних інтерфейсів тощо.

6.4 Комплексні автоматизовані системи

Відомо, що часткова автоматизація зазвичай не дає очікуваного підвищення ефективності функціонування підприємств. Тому переважним є впровадження інтегрованих САПР, що автоматизують всі головні етапи проектування виробів. Подальше підвищення ефективності виробництва та конкурентоспроможності продукції можливе шляхом інтеграції систем проектування, керування та документообігу. Така інтеграція лежить в основі створення *комплексних систем автоматизації*, в яких, крім функцій САПР, реалізуються засоби для автоматизації функцій керування проектуванням, документообігу, планування виробництва, обліку тощо.

CALS-технологія базується на низці стандартів і насамперед це стандарти *STEP*, а також *Parts Library*, *Mandate*, *SGML (Standard Generalized Markup Language)*, *EDIFACT (Electronic Data Interchange For Administration. Commerce, Transport)* тощо. Стандарт *SGML* визначає способи уніфікованого оформлення документів певного призначення – звітів, каталогів, бюлетенів тощо, а стандарт *EDIFACT* – способи обміну подібними документами.

Одна з найвідоміших реалізацій *CALS*-технології розроблена фірмою *Computervision*. Це технологія названа *EPD (Electronic Product Definition)* і орієнтована на підтримання процесів проектування та експлуатації виробів машинобудування.

У *CALS*-системах на всіх етапах життєвого циклу виробів використовується документація, отримана на етапі проектування. Тому природно, що склади підсистем у *CALS* і комплексних САПР значною мірою співпадають.

Технологію *EPD* реалізують *CAD*, *CAE*, *PDM*, *CASE* – системи розроблення та супроводу програмного забезпечення; *CAPE (Concurrent Art-to-Product Environment)* – система підтримання паралельного проектування (*concurrent engineering*); автоматизована система технологічної підготовки виробництва (*АСТПВ*); система керування проектними даними, що є спеціалізованою СКБД (*DBMS – Data Base Management System*) тощо.

Основу *EPD* становлять системи *CAD* і *PDM*, що використовуються *CADD5* і *Optegra* відповідно [16]. Значною мірою специфіку *EPD* визначає система *Optegra*. У ній відображається

ієрархічна структура виробів, що включає всі складальні вузли та деталі. В Orтега можна отримати інформацію про атрибути будь-якого елемента структури, а також відповіді на типових для баз даних питання типу «Вкажіть деталі з матеріалу або в яких блоках використовуються деталі заготівника» тощо.

6.5 Завдання

1. Опишіть та класифікуйте програми для автоматизованого проєктування.
2. Що таке наскрізне проєктування?
3. Що таке нисхідне/висхідне проєктування?
- 4.
5. Що таке *CAD/CAE/CAM*-системи? Як вони взаємодіють?
6. Які технології вони використовують?
7. Дайте характеристику рівням *CAD/CAE/CAM*-систем.
8. Дайте визначення поняттю *CALS*-технології.
9. Що таке віртуальне виробництво, яка його ідеологія?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем: Підручник / В.П. Бабак, С.В. Бабак, В.С. Єременко та ін.; за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Бабака / 2-е вид., перероб. і доп.–К.: Ун-т новітніх технологій; НАУ, 2017.– 496 с.
2. SCADA/HMI software: TRACE MODE 6 IDE. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://test-automatyka.pl/?page_id=272&lang=en
3. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Системи автоматичного керування» для студентів спеціальності 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної і заочної форм навчання / Укл.: О.В. Василенко.– Запоріжжя: НУЗП, 2019. – 50 с.
4. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Проектування вимірювальних систем» для студентів спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка денної і заочної форм навчання / Укл.: О.В. Василенко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 60 с.
5. Moeller: электрооборудование и средства автоматизации Moeller, Украина. – К.: 2020.– [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://www.moeller.com.ua>
6. EATON [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eaton.com/ua/uk-ua/catalog/industrial-control--drives--automation---sensors/easyE4-programmable-relays.html>
7. **Паламар, Михайло.** Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. [Текст] / Михайло Паламар, Михайло Стрембіцький, Андрій Паламар; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 150 с.
8. Марківський процес [Електронний ресурс].– Режим доступу: https://pidru4niki.com/72431/ekologiya/markivskiy_protsets
9. Комп'ютерне моделювання: Навчальний посібник / О.В. Василенко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 175 с.
10. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування: Навч. Посібник / Й.І. Стенцель. – К.: ІСДО, 1993. – 328 с.

11. Класифікатор професій ДК 003:2010 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10>

12. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт та до підготовки модульного контролю з дисципліни «Пристрої інформаційно-вимірювальної техніки» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної та заочної форм навчання Частина 1 / Укл.: О.В. Василенко, Н.А. Смирнова – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 90 с.

13. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт та до підготовки модульного контролю з дисципліни «Пристрої інформаційно-вимірювальної техніки» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної та заочної форм навчання Частина 2 / Укл.: О.В. Василенко, Н.А. Смирнова – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 81 с.

14. Розділ міжнародного стандарту ІЕС 61131 Мови програмування для програмованих логічних контролерів https://uk.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3

15. CALS-технології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studme.com.ua/1581102610906/menedzhment/cals_-tehnologii.htm

16. Creo CADD5 5 Optegra [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ptc.com/en/products/cadd5-5/optegra>

Додаток А
Абревіатури деяких вимірювальних приладів і
автоматики(КВПіА)

Літерний код	Найменування
ААН	Верхня попереджувальна сигналізація з аналізу
АЕ	Первинний вимірювальний елемент аналізатора
АІ	Індикатор аналізатора
АІС	Регулювальник аналізатора з індикацією
АШН	Реле верхньої попереджувальної уставки аналізатора
АТ	Трансмітер (датчик) аналізатора
АУ	Перетворювач аналізатора
АР	Аналізатор з самописом
АЛ	Алгоритм (функція програмного забезпечення)
ААЛ	Нижня попереджувальна сигналізація з аналізу
АSX	Реле несправності
ААХ	Аварійна сигналізація несправності на аналізаторі
ААНН	Реле верхньої передаварійної уставки аналізатора
АШНН	Верхня передаварійна сигналізація з аналізу
АFY	Обчислювальний блок (функція програмного забезпечення)
ВЕ	Детектор полум'я
ВSH	Реле наявності полум'я
ВАН	Верхня попереджувальна сигналізація детектора полум'я
DX	Джерело радіації для виміру щільності
DT	Трансмітер щільності
DY	Підсилювач (сигналу) за щільністю
DIC	Регулювальник щільності з індикатором
DE	Первинний вимірювальний елемент для виміру щільності
DR	Самопис реєстрації щільності
Е	Первинний вимірювальний елемент для виміру витрати
FO	Обмежувальна діафрагма
FICV	Ротаметр з регулювальником витрати
FT	Трансмітер (датчик) витрати
FQI	Індикатор підсумовування витрати
FQ	Суматор витрати
FQT	Трансмітер підсумовування витрати
FQHS	Суматор витрати з ручним перемикачем
FQIS	Суматор витрати з індикатором і реле
FI	Індикатор витрати
FR	Самопис реєстрації витрати

Продовження Таблиці	
FSH	Реле верхньої попереджувальної уставки витрати
FSL	Реле нижньої попереджувальної уставки витрати
FAH	Верхня попереджувальна сигналізація витрати
FAL	Нижня попереджувальна сигналізація витрати
FY	Соленоїдний клапан або перетворювач
FV	(Регулювальний) клапан витрати
FSSL	Реле нижньої передаварійної уставки витрати
FALL	Нижня передаварійна сигналізація витрати
FDA	Аварійний сигнал відхилення (від значення уставки)
FF	Розрахунок (функція програмного забезпечення)
FIC	Регулювальник витрати з індикатором
FZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
FZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
F2LL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
FZLH	Індикація на робочій станції – клапан відкритий
HZLL	Індикація – клапан закритий
HZLH	Індикація – клапан відкритий
И	Індикатор струму (амперметр)
IT	Датчик струму
ISH	Реле верхньої попереджувальної уставки потоку
ISL	Реле нижньої попереджувальної уставки потоку
IAH	Верхня попереджувальна сигналізація за струмом
IAL	Нижня попереджувальна сигналізація за струмом
IA	Сигналізація блокування (активовано / збій)
IT	Трансмітер (датчик) потужності
И	Індикатор потужності
IAH	Верхня попереджувальна сигналізація з потужності
IAL	Нижня попереджувальна сигналізація з потужності
КС	Таймер або програмуючий пристрій
LI	Індикатор рівня
LX	Джерело радіації для виміру рівня
LC	Контролер рівня
LT	Трансмітер (датчик) рівня
uc	Регулювальник рівня з індикацією
LR	Самопис реєстрації рівня
LAH	Верхня попереджувальна сигналізація з рівня
LAL	Нижня попереджувальна сигналізація з рівня
LALL	Нижня передаварійна сигналізація з рівня
LAHH	Верхня передаварійна сигналізація з рівня

Продовження Таблиці	
LZLL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
LZLH	Індикація на робочій станції – клапан відкритий
LSY	Соленоїдний клапан ЗПК
LOA	Сигнал відхилення з рівня
PI	Індикатор тиску / індикатор живлення контура
PT	Трансмітер тиску
PSH	Реле верхньої попереджувальної уставки пригнічення
PSL	Реле нижньої попереджувальної уставки пригнічення
PSHL	Реле перемикачання низької/високої уставки за тиском
PDSL	Реле нижньої попереджувальної уставки з диф. тиску
PDSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з диф. тиску
PSLL	Реле нижньої передаварійної уставки з тиску
POT	Трансмітер диференціального тиску
PIC	Регулювальник тиску з індикатором
PDI	Індикатор диференціального тиску
PDIC	Регулювальник диференціального тиску з індикацією
PAH	Верхня попереджувальна сигналізація з тиску
PAL	Нижня попереджувальна сигналізація з тиску
PAHH	Верхня передаварійна сигналізація з тиску
PALL	Нижня передаварійна сигналізація з тиску
PDAH	Верхня попереджувальна сигналізація з діфтиску
PDAL	Нижня попереджувальна сигналізація з діфтиску
PR	Самопис ресстрації тиску
PY	Соленоїдний клапан або конвертер
PV	(Регулювальний) клапан тиску
PCV	Саморегульований клапан тиску
PSV	Запобіжний / перепускний клапан
PZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
PZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
PZLL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
PZLH	Індикація на робочій станції – клапан відкритий
PSY1	Електропневмопозиціонер ЗПК
PSY	Соленоїдний клапан ЗПК
PDAHН	Верхня передаварійна сигналізація з діфтиску
PDALL	Нижня передаварійна сигналізація з діфтиску
QL	Лампочка індикації акумулятивного збою системи
QA	Аварійний сигнал акумулятивного типу
SV	Запобіжний клапан
SE	Елемент виміру швидкості (сенсор)

Продовження Таблиці	
SS	Реле швидкості
SSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з швидкості
SSL	Реле нижньої попереджувальної уставки з швидкості
SAH	Верхня попереджувальна сигналізація з швидкості
SAL	Нижня попереджувальна сигналізація з швидкості
SI	Індикатор швидкості
TW	Термокарман (вимірювальна кишеня)
TE	Первинний температурний елемент
TT	Трансмітер (датчик) температури
TIC	Регулювальник температури з індикатором
TI	Індикатор температури
TAH	Верхня попереджувальна сигналізація з температури
TAL	Нижня попереджувальна сигналізація з температури
TAHH	Верхня передаварійна сигналізація з температури
TALL	Нижня передаварійна сигналізація з температури
TU	Соленоїдний клапан або конвертер
TV	Клапан регулювальника температури
TCV	Саморегульований клапан з температури
TDR	Трансмітер різниці температур
TOA	Аварійний сигнал відхилення з температури
TZLL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
TZLH	Індикація на робочій станції – клапан відкритий
UA	Кумулятивний аварійний сигнал
VT	Трансмітер (датчик) вібрації
VI	Індикатор вібрації
VAH	Верхня попереджувальна сигналізація з вібрації
VAHH	Верхня передаварійна сигналізація з вібрації
WT	Датчик ваги
WIC	Регулювальник ваги з індикатором
ZL	Світлова індикація положення
ZS	Крайовий вимикач (кінцевики)
ZL	Індикатор положення
ZT	Трансмітер (датчик) положення
ZAL	Попереджувальна сигналізація – закрито
ZAH	Попереджувальна сигналізація – відкрито
ZLH	Індикатор «відкрито» – (лампочка)
ZLL	Індикатор «закрито» – (лампочка)
ZX	Пневматичний розподільник

Додаток Б

Приклади побудови умовних позначень за ГОСТ 21.404 – 85

№	Найменування	Позначка
1	2	3
1.	Первинний вимірювальний перетворювач (датчик) для виміру температури, встановлений за місцем.	
2.	Прилад для виміру температури, що показує, встановлений за місцем.	
3.	Прилад для виміру температури, що показує, встановлений на щиті.	
4.	Прилад для виміру температури, безшкальний, з дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.	
5.	Прилад для виміру температури, що показує, реєструє, встановлений на щиті.	
6.	Прилад для виміру температури, з автоматичним перемикаючим пристроєм, що показує, реєструє, встановлений на щиті (багатоканальний прилад).	
7.	Прилад для виміру температури, що реєструє, регулює, встановлений на щиті.	
8.	Регулятор температури, встановлений на щиті.	
9.	Комплект для виміру температури, що реєструє, регулює, оснащений станцією керування, встановлений на щиті.	
10.	Прилад для виміру температури, що показує, реєструє, із сигнальним пристроєм, встановлений на щиті (сигналізація максимального значення)	

Продовження таблиці

1	2	3
10	Прилад для виміру температури, що показує, реєструє, із сигнальним пристроєм, встановлений на щиті (сигналізація максимального значення)	
11	Прилад для виміру перепаду тиску, що показує, встановлений за місцем.	
12	Регулятор співвідношення витрат, встановлений на щиті.	
13	Прилад для виміру рівня, що показує, із сигнальним пристроєм, встановлений на щиті (сигналізація верхнього й нижнього рівня).	
14	Первинний вимірювальний перетворювач для виміру якості продукту, встановлений за місцем (датчик рН – метра)	
15	Прилад для виміру витрати, що показує, інтегрує, встановлений за місцем.	
16	Перетворювач витрати, встановлений на щиті (вхідний сигнал – електричний; вихідний – пневматичний).	
17	Перетворювач температури, встановлений на щиті (вхідний сигнал – електричний; вихідний – електричний).	
18	Пускова апаратура для керування електродвигуном, встановлена за місцем.	
19	Задатчик (ручний), встановлений на щиті.	

Додаток В

Відповіді до завдання 5.2

Контур 1 – (див. рис. 2) стабілізація витрати початкової суміші. Датчик витрати – діафрагма (поз. 1 – 1). Сигнал з діафрагми подається на дифманометр із електричним вихідним сигналом (поз. 1 – 2). Далі уніфікований електричний сигнал одночасно подається на відеографічний багатоканальний реєстратор (поз. 1 – 3), за допомогою якого здійснюється контроль та реєстрація технологічних параметрів, та на аналоговий вхід багатоканального мікро- процесорного контролера (поз. 1 – 4). Сигнал з контролера через електропневмоперетворювач (поз. 1 – 5), де аналоговий електричний сигнал керування перетворюється в пневматичний і далі надходить на пневматичний виконавчий механізм із регулювальним органом (поз. 1 – 6), який встановлений на лінії подачі початкової суміші.

Контур 2 – регулювання рівня в кубі колони. Датчиком рівня є рівнемір буйковий, конструктивно виконаний разом із пневматичним перетворювачем (2 – 1 на схемі й 2 – 1 у приладах за місцем). Пневматичний вихідний сигнал подається на пневмоелектроперетворювач (поз. 2 – 2), де аналоговий пневматичний сигнал від ротаметра перетворюється в аналоговий електричний сигнал, який і подається одночасно на вхід аналогового сигналу мікроконтролера (поз. 1 – 4) та реєстратора (поз. 1 – 3). Подальший опис аналогічний контуру 1.

Контур 3 – контроль тиску в колоні. Використовується звичайний манометр, що показує, встановлений за місцем (поз.3).

Контур 4 – стабілізація витрати охолоджувальної води в дефлегматор. Датчиком витрати є діафрагма (поз. 4 – 1). Сигнал з діафрагми подається на дифманометр із електричним вихідним сигналом (поз. 4 – 2). Далі уніфікований електричний сигнал одночасно подається на відеографічний багатоканальний реєстратор (поз. 1 – 3), та на аналоговий вхід багатоканального мікро- процесорного контролера (поз. 1 – 4). Сигнал з імпульсних виходів контролера надходить на пускач (підсилювач потужності) (поз. 4 – 3) і далі на електричний виконавчий механізм із регулювальним органом

(поз.4-4).

Контур 5 – регулювання температури в колоні. Датчиком температури є термометр опору (поз. 5 – 1). Сигнал з термометра опору подається на аналоговий вхід багатоканального мікропроцесорного контролера (поз. 1 – 4), де аналоговий сигнал перетворюється в уніфікований струмовий і надходить до відеографічного реєстратора (поз. 1 – 4). Сигнал з контролера через електропневмоперетворювач (поз. 5 – 2) надходить на пневматичний виконавчий механізм із регулювальним органом (поз. 5 – 3), встановлений на лінії подачі пари в змійовик (теплообмінник).

Контур 6 – контроль концентрації в колоні. Датчиком концентрації є кондуктометр (поз. 6 – 1). Потім сигнал надходить на проміжний перетворювач (поз. 6 – 2) і далі на відеографічний багатоканальний реєстратор (поз. 1 – 3).

Контур 7 – контур стабілізації витрати готового продукту. Датчиком витрати є ротаметр із пневматичним вихідним сигналом (конструктивно єдине ціле). Далі аналогічно контуру 2.