

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Систем якості,
стандартизації та метрології»

В авторській редакції

ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Навчально-методичні рекомендації
до проведення практичних занять

Електронне видання

ДНІПРО
2025

Упорядники:

А. М. Должанський, О. Б. Брагинський, І. М. Ломов

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми «ЯССМ»
175 (G6) «Інформаційно-вимірювальні технології»
Протокол № 7 від 17.04.2025

П 79 Проєктування інформаційно-вимірювальних систем : навчально-методичні рекомендації до проведення практичних занять / упоряд. А. М. Должанський, О. Б. Брагинський, І. М. Ломов ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2025. – 75 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами безвідривної форми навчання спеціальності 175 (G6) «Інформаційно-вимірювальні технології» під час виконання практичних занять з дисципліни «Проєктування інформаційно-вимірювальних систем».

Навчально-методичні рекомендації містять інформацію, необхідну для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання практичних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

Іл. 45. Табл. 14. Бібліогр.: 17 назв.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНІ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	8
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	8
Практична робота № 1. «Позначення на схемах контрольно-вимірювальних приладів та аналіз інформації з їх шкал»	8
Практична робота № 2. «Проектування ІВС з вимірювання температури»	21
Практична робота № 3. Розширення меж вимірювання амперметром та вольтметром (з елементами можливої практичної реалізації)»	43
3 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА (Практична робота № 4) Використання CASE - засобу VPwin для побудови діаграм IDEF0 та IDEF3	49
3.1 Використання CASE - засобу VPwin для побудови діаграм IDEF0.....	52
3.2 Використання CASE - засобу VPwin для побудови діаграм IDEF3.....	63
4 ЗАСОБИ САМОКОНТРОЛЮ	72
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ПОСИЛАНЬ	73

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Вимірювальні перетворювачі» входить до циклу обов'язкових дисциплін професійної підготовки студентів, що навчаються за Освітньо-професійною програмою «Якість, стандартизація, сертифікація та метрологія» спеціальності 175 (G6) – Інформаційно-вимірювальні технології другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Метою наявного видання у контексті вивчення дисципліни є підготовка фахівців, які володіють сучасними теоретичними знаннями і практичними навичками, необхідними для розв'язання завдань з проєктування інформаційно-вимірювальних систем у будь-якій предметній області економічної діяльності із забезпеченням їх необхідних властивостей в рамках функціонування систем якості, з використанням положень метрології, сучасних інформаційно-вимірювальних технологій, новітніх нормативних документів; а також набуття студентами компетентностей, необхідних для продовження освіти та/або професійної діяльності.

Видання сприяє набуттю таких *фахових компетентностей, передбачених освітньою програмою:*

- ІК-1. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, що передбачає застосування теорій та методів метрології, способів побудови засобів автоматизації та приладобудування, включаючи системи, інформаційних технологій як у сфері проєктування виробів приладобудування, так і при опрацюванні вимірювальної інформації в ситуаціях, що характеризуються невизначеністю умов і вимог.

- ЗК-3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК-5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (використовувати системний аналіз та синтез, комп'ютерне моделювання та методи оптимізації).
- ЗК-7. Здатність приймати обґрунтовані рішення (генерувати нові ідеї, бути креативним, виявляти та знаходити оптимальні шляхи щодо вирішення проблем).
- ЗК-9. Здатність розробляти та управляти проєктами (аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході професійної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію, працювати в умовах невизначеності; проявляти ініціативу, удосконалювати діяльність, організовувати командну

роботу та керувати нею у сферах управління якістю, метрології та технічного регулювання).

- ФК-2. Мати практичні навички розв'язування складних задач і проблем метрології, інформаційно-вимірювальної техніки, стандартизації при контролі та оцінюванні (зокрема, кваліметричному) якості продукції.
- ФК-3. Знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів експериментальної інформатики, необхідних для наукової та практичної діяльності у сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки з орієнтацією на управління якістю, стандартизацію та технічне регулювання (сертифікацію).
- ФК-5. Здатність розв'язувати складні професійні завдання і проблеми на основі розуміння технічних аспектів забезпечення контролю якості продукції, вдосконалювати методи та технічні засоби оцінювання якості продукції та послуг з використанням інформаційних технологій.
- ФК-6. Здатність застосовувати розуміння метрології як науки про вимірювання при роботі з технічною літературою та іншими джерелами інформації для розв'язання задач у сферах інформаційно-вимірювальної техніки, управління якістю, стандартизації та оцінки відповідності (сертифікації).
- ФК-12. Здатність керувати проектами та Start-Up-ами і оцінювати їх результати, складати технічні завдання на розробку систем забезпечення якості та інформаційних вимірювальних систем
- ФК-15. Здатність розв'язувати складні професійні завдання і проблеми на основі розуміння технічних аспектів забезпечення контролю якості продукції, вдосконалювати методи та технічні засоби оцінювання якості продукції та послуг з використанням інформаційних технологій.

Відповідно до освітньої програми дисципліна спільно з іншими освітніми компонентами має забезпечити досягнення таких програмних результатів навчання:

ПРН-2. Знати і розуміти основні поняття теорії вимірювань, метрології, комп'ютерного моделювання об'єктів та явищ, менеджменту якості, стандартизації та оцінювання відповідності, застосовувати їх на практиці.

ПРН-4. Вміти виконувати аналіз інженерних продуктів, процесів і систем за встановленими критеріями в галузях забезпечення якості, технічного регулювання та метрології, обирати і застосовувати найбільш

придатні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для проведення досліджень, інтерпретувати результати досліджень.

ПРН-5. Вміти формулювати та вирішувати завдання у галузі метрології, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування (зокрема, проведення калібрування, повірки, перевірки відповідності як інформаційно-вимірювальних систем в цілому, так і окремих її елементів) з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо).

ПРН-7. Вміти проєктувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи метрологічної спрямованості, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень, зокрема, з оцінкою та підвищенням точності вимірювань та валідності контролю, в тому числі - при використанні комп'ютеризованих систем.

ПРН-8. Володіти сучасними методами та методиками проєктування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів, використовуючи інформацію про технічні характеристики, конструктивні особливості, призначення та умови експлуатації устаткування та обладнання при вирішенні задач з вимірювання та їх застосування.

ПРН-13. Ідентифікувати, класифікувати, описувати та застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач в сферах метрології, забезпечення якості та інформаційно-вимірювальної техніки.

Очікувані результати виконання завдань за наявним виданням (згідно зі змістом навчальної дисципліни) представлені у таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 – Очікувані фахові результати навчання та виконання практичних і лабораторних робіт та Індивідуального завдання

Код	Очікуваний результат навчання	Рівень
ОРН-1	Розуміти, пояснити та класифікувати основні поняття, принципи та прийоми процесів проєктування, зокрема, стосовно інформаційно-вимірювальних систем для забезпечення якості об'єктів на різних етапах їх життєвого циклу.	II
ОРН-2	Застосовувати сучасні теоретичні знання і практичні навички, необхідні для розв'язання завдань з проєктування якісних техніко-організаційних та інформаційно-вимірювальних систем у будь-якій предметній області	III

	економічної діяльності з використанням відповідних нормативних документів.	
ОРН-3	Розробляти нормативно-технічні документи, що стосуються проектування інформаційно-вимірювальних систем.	V
ОРН-4	Перевіряти проєктні документи у цілому та окремі їх складові на відповідність вимогам нормативних документів та стейкхолдерів.	VI

В узгодженості із завданнями наявного видання та в результаті вивчення дисципліни студент повинен:

- ***знати:*** призначення, класифікацію, основні характеристики та принципи роботи приладів і систем, а також їх модулів при розв’язанні задач проектування з використанням вимірювальних приладів та систем;
- основні підходи з визначення та підвищення точності вимірювань при проектуванні засобів інформаційно-вимірювальної техніки;

Таблиця 2 – Соціальні навички фахівця (за Б. Блумом), розвитку яких сприяє навчальна (ОН – «особистісні навички»; КН – «комунікаційні навички»)

Код	Соціальна навичка (<i>soft skill</i>)
ОН1	Здатність управляти власним часом.
ОН2	Здатність самостійно приймати рішення.
ОН3	Здатність формулювати цілі.
ОН4	Прихильність до позитивного мислення з розумінням важливості предмету вивчення як філософії забезпечення загальної якості.
КН1	Здатність зрозуміло формулювати думки.
КН3	Здатність дискутувати та надавати аргументовані відповіді з використанням спеціальних загальноприйнятих термінів.
КН4	Здатність вислуховувати усі точки зору.
УН1	Здатність працювати в команді.

- ***уміти:*** розв’язувати складні професійні завдання і проблеми на основі розуміння технічних аспектів забезпечення контролю якості продукції, вдосконалювати методи та технічні засоби вимірювання показників якості продукції та послуг з використанням інформаційних технологій;

- проектувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи метрологічної спрямованості, зокрема, з оцінкою та підвищенням точності

вимірювань та валідності контролю, в тому числі – при використанні комп'ютеризованих систем;

- розробляти апаратне та метрологічне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем на різних стадіях їх життєвого циклу;

- керувати проектами та Start-Up-ами та оцінювати їх результативність, складати технічні завдання на розробку систем забезпечення якості та інформаційних вимірювальних систем.

- Передумовами для вивчення дисципліни є наявність загальної соціальної та технічної культури на рівні не нижче випускника бакалаврату за будь-якою спеціальністю.

- Опануванню дисципліни передують вивченням нормативних дисциплін фахової спрямованості «Метрологія, контроль та інформаційно-вимірювальні технології», «Системи управління якістю», «Акредитація та забезпечення діяльності випробувальних лабораторій» та ін.

Наявні навчально-методичні рекомендації розроблені групою співавторів: Должанський А.М. з долею – 80%, Брагинський О.Б. – 15%, Ломов І.М. – 5%.

1 ЗАГАЛЬНІ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Структуру вивчення дисципліни «Вимірювальні перетворювачі» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура вивчення дисципліни

Курс/ семестр	Загалом годин	Лекцій, годин	Лабор. годин/ кількість	Практ., годин/ кількість	Самост., годин	Вид контролю
1/1	120	8	-	4/4	108	Екзамен

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає самостійну роботу, контрольовану викладачем, що включає:

- вивчення лекційного матеріалу та підготовку до практичних занять;
- самостійне вивчення розділів, що не викладаються на лекціях;
- виконання практичних робіт та графічно-розрахункового завдання;
- підготовку до контрольного заходу (екзамен).

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

Практична робота № 1

«Позначення на схемах контрольно-вимірювальних приладів та аналіз інформації з їх шкал»

Мета: набуття студентами вмінь зчитувати інформацію зі шкал електровимірювальних приладів та визначати умови обґрунтованого застосування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) при проєктуванні інформаційно-вимірювальних систем.

Суть розробки: зчитування інформації зі шкал електровимірювальних приладів для проєктування системи з вимірювань електричних величин, а також представляти на схемах при проєктуванні інформаційно-вимірювальних систем.

Предметна сфера розробки: проєктування засобів інформаційно-вимірювальної техніки для випробувань та контролю якості продукції та процесів; метрологічна служба на підприємстві будь-якого виду економічної діяльності.

Теоретичні положення

Засоби вимірювальної техніки повинні забезпечувати *високий рівень метрологічної достовірності*. Ідентифікація електровимірювальних приладів, яка дозволяє правильно обрати та використовувати контрольно-вимірювальний прилад (КВП), має певні особливості. На лицьовій стороні КВП зображують:

а) умовне позначення одиниць вимірювань чи вимірюваної величини, або початкові букви найменування приладу згідно з даними таблиці 2.1;

Таблиця 2.1 – Умовне позначення одиниць вимірювань або початкові букви найменування приладу [1, 2]

Род величини	Назва приладу	Умовне позначення
Електричний струм	Амперметр	. A
	Міліамперметр	. mA
	Мікроамперметр	. μ A
Напруга	Вольтметр	. V
	Мілівольтметр	. mV
Електрична потужність	Ватметр	. W
	Кіловатметр	. kW
Електрична енергія	Лічильник кіловат- годин	. kWh
Зсув фаз	Фазометр	. φ
Частота	Частотомір	. Hz
Електричний опір	Омметр	. Ω
	Мегаомметр	. M Ω

б) умовне позначення системи приладу згідно з даними таблиці 2.2;

Таблиця 2.2 – Позначення принципу дії електровимірювального приладу [1 - 5]


Назва системи та перетворювача	Умовне позначення	
	Вимірювальний механізм з механічним створенням МПР	Логометричний вимірювальний механізм
Магнітоелектричний пристрій з рухомою рамкою		
Електромагнітна система		
Електродинамічна система		
Феродинамічна система		
Індукційна система		
Магнітоелектрична система з випрямлячем		
Електростатична система		
Вібраційна система		
Термоелектрична з контактним термоперетворювачем		
Термоелектрична з ізолюваним термоперетворювачем		

в) позначення принципу дії контрольно-вимірювального приладу, умов його використання (таблиця 2.3), та класу точності (таблиця 2.4) [1, 2].

Таблиця 2.3 – Умовні позначення роду струму, числа фаз, класу точності приладу, досліджуваної напруги ізоляції, робочого положення приладу, виконання приладу залежно від умов експлуатації, категорії приладу за ступенем захисту від зовнішніх магнітних полів

Умовне позначення	Розшифровка умовного позначення
—	Прилад постійного струму
	Прилад постійного і змінного струму
	Прилад змінного струму
	Прилад трьохфазного струму
1,5	Прилад класу точності 1,5
	Вимірювальне коло ізольоване від корпусу і досліджене на напругу 2 кВ
	Обережно! Міцність ізоляції вимірювального кола не відповідає нормам
$\angle 60^\circ$	Робоче положення шкали похиле, під кутом 60°
	Робоче положення шкали горизонтальне
	Робоче положення шкали вертикальне

Закінчення табл. 2.3

A, B, B 	Виконання приладу залежно від умов експлуатації (властивостей навколишнього середовища) Категорія приладу за ступенем захисту від зовнішніх магнітних полів
---	--

Таблиця 2.4 – Приклади позначення класу точності на засобах вимірювань [1, 2]

Приклади позначення класу точності		Форма вираження похибки	Межі припустимої основної похибки	Примітка
на засобі вимірювань	в документації			
0,5	Клас точності 0,5	Приведена відносна	$\gamma = \pm 0,5\%$	Нормуюче значення, прийнято рівним середньому значенню вимірюваної величини
	Клас точності 0,5		$\gamma = \pm 0,5\%$	Нормуюче значення, прийнято рівним довжині шкали (або її певній частини)
	Клас точності 0,5	Відносна	$\delta = \pm 0,5\%$	Похибка чутливості
0,02/0,01	Клас точності 0,02/0,01		$\delta = \pm [0,02 + 0,01 \cdot (x_k / x - 1)], \%$	Різна нормована похибка в різних діапазонах вимірювань приладу

Класи точності електровимірювальних приладів по допустимій основній відносній або відносній зведеній похибці позначають арабськими цифрами, які вибираються з наступного ряду чисел: (1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0) $\times 10^k$, де показник степені $k = 1; 0; -1; -2$ тощо.

Часто прилади за величиною зведеної похибки поділяються на вісім класів: **0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0** (%).

Якщо на шкалі такого позначення немає, то даний прилад *позакласний*, і його зведена похибка може перевищувати 4%.

Зазвичай ціну найменшої поділки шкали стрілочного приладу узгоджують з похибкою самого приладу. Якщо клас точності використовуваного приладу невідомий, за абсолютну похибку Δ_{np} приладу (або за стандарт відхилення при вимірюваннях S_{np}) приймають половину ціни його найменшої поділки. Тому при зчитуванні показань зі шкали такого приладу недоцільним є намагання визначати частки поділки, оскільки результат вимірювання від цього не стане точніше.

Якщо прилад має цифровий індикатор, то за абсолютну похибку Δ_{np} (або S_x) приладу приймають половину ціни кроку відліку.

Арабські цифри на шкалі приладу без додаткових умовних знаків позначають, що клас наведеної точності γ і визначається з урахуванням середнього значення вимірюваної величини: $X_{норм.пр} = \bar{x}$.

Якщо позначення класу точності представлено арабськими цифрами з «галочкою», то це визначає межі приведеної похибки, а в якості нормуючого значення використовується довжина шкали (від нуля до максимуму або від «мінуса» до «максимального плюса»).

Значення класу точності, обведене колом, означає нормовану відносну похибку δ_s чутливості. Наприклад, позначення: 1,5, відповідає 1,5% похибки чутливості приладу, яка постійна при будь-якому значенні x_i . Межі такої відносної похибки просто дорівнюють значенням $\pm \delta_s$, а абсолютна похибка чутливості вимірювань визначається як $\Delta_s = \delta_s \cdot x$.




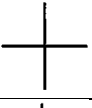

У ряді випадків на вимірювальних засобах зустрічається позначення у вигляді δ_1 / δ_0 для допустимої відносної похибки при її різних значеннях в різних діапазонах вимірювань, де δ_0, δ_1 - відповідають початковому і кінцевому діапазонами вимірювань (див. табл. 2.4).

Згідно з національним стандартом України ДСТУ Б А.2.4-16:2008 «Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах встановлені зображення приладів, засобів автоматизації і ліній зв'язку, які застосовуються при проектуванні та виконанні схем автоматизації технологічних процесів» (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Графічні зображення приладів, засобів автоматизації та ліній зв'язку [1 - 5]

Найменування	Зображення
1. Прилад, що встановлюється поза щитом (за місцем):	
а) основне зображення;	
б) зображення, що допускається	
2. Прилад, що встановлюється на щиті, пульті:	
а) основне зображення;	
б) зображення, що допускається	
3. Виконавчий механізм. Загальне зображення	
4. Виконавчий механізм, який при припиненні подачі енергії або керуючого сигналу:	
а) відкриває регулюючий орган;	
б) закриває регулюючий орган;	

Продовження табл. 2.5

в) залишає регулюючий орган у незмінному положенні	
5. Виконавчий механізм із додатковим ручним приводом Примітка. Зображення може застосовуватися з будь-яким із додаткових знаків, що характеризують положення регулюючого органу при припиненні подачі енергії або керуючого сигналу	
6. Лінія зв'язку. Загальне зображення	
7. Перетин ліній зв'язку без з'єднання між собою	
8. Перетин ліній зв'язку зі з'єднанням між собою	

Відбірний пристрій усіх постійно підключених приладів зображають суцільною тонкою лінією, що з'єднує технологічний трубопровід або апарат з приладом (рисунок 2.1).

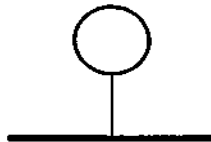


Рисунок 2.1 – Зображення відбірного пристрою [1 - 5]

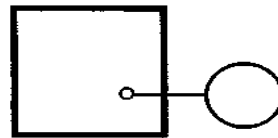


Рисунок 2.2 – Зображення місця розташування відбірного пристрою [1 - 5]

За необхідності, конкретне місце розташування пристрою для відбору (всередині контуру технологічного апарата) вказують його позначенням колом діаметром 2,5 мм (рисунок 2.2).

Допускається використовувати додаткові графічні зображення, не передбачені стандартом. Тоді вони повинні бути розшифровані на схемі [1, 2]

Основні літерні позначення вимірюваних величин і функціональних ознак приладів повинні відповідати наведеним у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні літерні позначення вимірюваних величин і функціональних ознак приладів (літерні позначення, що мають позначку "+", є резервними, а позначку "-" – «не використовують») [1 - 5]

По зна чен ня	Вимірювана величина	Функціональна ознака приладу
------------------------	---------------------	------------------------------

	основне позначення вимірюваної величини	додаткове позначення, що уточнює вимірювану величину	відображення інформації	формування вихідного сигналу	додаткове значення
<i>Продовження табл. 2.6</i>					
<i>A</i>	+	–	Сигналізація	–	–
<i>B</i>	+	–	–	–	–
<i>C</i>	+	–	–	Автоматичне регулювання, управління	–
<i>D</i>	Густина	Різниця, перепад	–	–	–
<i>E</i>	Електрична величина	–	+	–	–
<i>F</i>	Витрата	Співвідношення, частка, дріб	-	-	-
<i>G</i>	Розмір, положення, переміщення	–	+	–	–
<i>H</i>	Ручна дія	–	–	–	Верхня межа вимірюваної величини
<i>I</i>	+	–	Показання	–	–
<i>J</i>	+	Автоматичне перемикання, оббігання	–	–	–
<i>K</i>	Час, часова програма	–	–	+	–
<i>L</i>	Рівень	–	–	–	Нижня межа вимірюваної величини
<i>M</i>	Вологість	–	–	–	–
<i>N</i>	+	–	–	–	–
<i>O</i>	+	–	–	–	–
<i>P</i>	Тиск, вакуум	–	–	–	–

<i>Q</i>	Величина, що характеризує якість: склад, концентрація	Інтеграція, підсумування за часом	–	+	–
<i>R</i>	Радіоактивність	–	Реєстрація	–	–
<i>S</i>	Швидкість, частота	–	–	Включення, відключення, перемикавання, блокування	–
<i>t</i>	Температура	–	–	+	–
Закінчення табл. 2.6					
<i>U</i>	Декілька різнорідних вимірюваних величин	–	–	–	–
<i>V</i>	В'язкість	–	+	–	–
<i>W</i>	Маса	–	–	–	–
<i>X</i>	Нерекомендована резервна буква	–	–	–	–
<i>Y</i>	+	–	–	+	–
<i>Z</i>	+	–	–	+	–

Додаткові літерні позначення, які застосовуються для означення додаткових функціональних ознак приладів, перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв, наведені в таблицях 2.7 та 2.8 [1 - 2].

Таблиця 2.7 – Додаткові літерні позначення, що відображають функціональні ознаки приладів

Найменування	Позначення	Призначення
Чутливий елемент	<i>E</i>	Пристрої, що виконують первинне перетворення: перетворювачі термоелектричні, термоперетворювачі опору, датчики пірометрів, звужуючі пристрої витратомірів тощо
Дистанційна передача	<i>T</i>	Прилади безшкальні з дистанційною передачею сигналу: манометри, дифманометри, манометричні термометри
Станція управління	<i>K</i>	Прилади, що мають перемикач для вибору виду керування і пристрій для дистанційного керування

Перетворення, обчислювальні функції	У	Для побудови позначень перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв
-------------------------------------	---	---

Таблиця 2.8 – Додаткові літерні позначення, які застосовуються для побудови перетворювачів сигналів та обчислювальних пристроїв [1 - 5]

Найменування		Позначення
1	Вид енергії сигналу:	
	електричний;	E
	пневматичний;	P
	гідравлічний	G
2	Види форм сигналу:	
	аналоговий	A
	дискретний	D
3	Операції, що виконуються обчислювальним пристроєм:	
	підсумовування;	Σ
	множення сигналу на постійний коефіцієнт k ;	k
	множення двох і більше сигналів один на другий;	\times
	ділення сигналів один на другий;	$:$
	зведення величини сигналу f до ступеня n ;	f^n
	обчислення кореня ступеня n з величини сигналу;	$\sqrt[n]{\quad}$
	логарифмування;	lg
	диференціювання;	dx/dt
	інтегрування;	\int
	зміна знаку сигналу;	$x(-1)$
	обмеження верхнього значення сигналу;	max
	обмеження нижнього значення сигналу	min
4	Зв'язок з обчислювальним комплексом:	
	передача сигналу в автоматизовану систему управління технологічним процесом;	B_i
	виведення сигналу з автоматизованої системи управління технологічним процесом	B_o

Стандартом встановлені два методи побудови умовних зображень: а) спрощений; б) розгорнутий.

При *спрощеному методі* прилади і засоби автоматизації, що здійснюють складні функції, наприклад, контроль, регулювання, сигналізацію, і виконані у вигляді окремих блоків, відтворюють одним умовним зображенням, а первинні вимірювальні перетворювачі і всю допоміжну апаратуру не зображають.

При розгорнутому методі побудови кожен прилад або блок, що входить в єдиний вимірювальний, регулюючий або керуючий комплект засобів автоматизації, вказують окремим умовним зображенням.

Умовні зображення приладів і засобів автоматизації, які застосовуються в схемах, включають графічні зображення, літерні і цифрові позначення.

У верхній частині графічного зображення наносять літерні позначення вимірюваної величини і функціональної ознаки приладу, що визначає його призначення.

У нижній частині графічного зображення наносять цифрове (позиційне) позначення приладу або комплекту засобів автоматизації.

Порядок розташування букв у літерному позначенні демонструється рисунком 2.3 (див. також табл. 2.6):

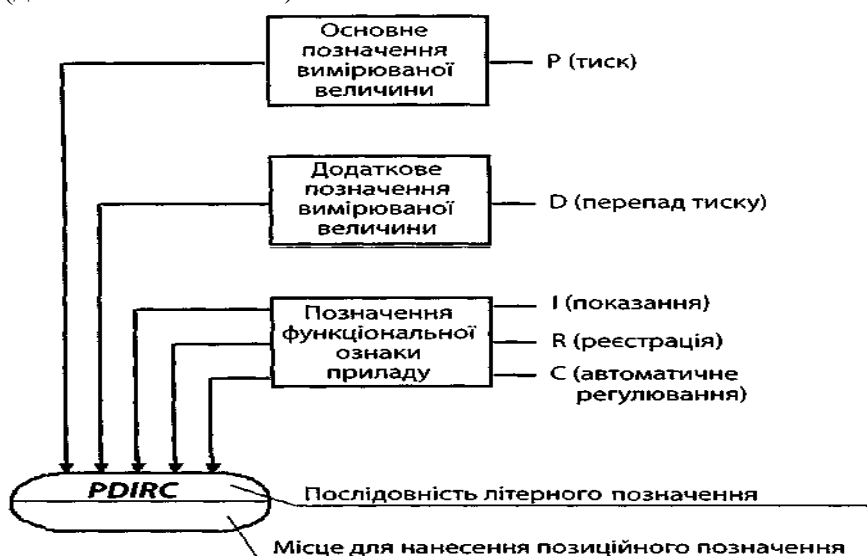


Рисунок 2.3 – Принцип побудови умовного зображення приладу (в «овалі» згідно з колонками «вимірювана величина» у табл. 6 представлений конкретний приклад позначення приладу для вимірювання тиску «Р», а конкретно – перепаду тиску «D», а згідно з колонками у табл. 6 «функціональних ознак приладу» - три останні літери: надання показань «I» за місцем встановлення приладу, які реєструються «R» з метою автоматичного регулювання «C») [1 - 5]

- основне позначення вимірюваної величини;
- додаткове позначення вимірюваної величини (за необхідності);
- позначення функціональної ознаки приладу.

При побудові зображень комплектів засобів автоматизації *перша літера* в позначенні кожного приладу або пристрою (окрім пристроїв ручного управління), які входять у комплект, є *найменуванням вимірюваної величини*.

Літерні позначення пристроїв, виконаних у вигляді окремих блоків і призначених для ручних операцій, незалежно від того, до складу якого комплекту вони входять, повинні починатися з букви *H*.

Порядок розташування літерних позначень функціональних ознак (нижній прямокутник на рис. 2.3) приладу приймають із дотриманням послідовності позначень: *I, R, C, S, A*.

Остання літера «А» застосована у наведеному прикладі для позначення функції «сигналізація» (див. «функціональні ознаки приладу» у табл. 2.6) незалежно від того, чи винесена сигнальна апаратура на який-небудь щит або для сигналізації використовуються лампи, вбудовані у сам прилад, а літера S застосована для позначення контактної пристрою приладу, що використовується тільки для «включення, відключення, перемикачання, блокування».

При застосуванні контактної пристрою приладу для включення, відключення і одночасно для сигналізації в позначенні приладу використовують обидві літери: S і А.

Граничні значення вимірюваних величин, за якими здійснюється, наприклад, включення, відключення, блокування, сигналізація, допускається конкретизувати додаванням літер Н і L. Ці літери наносять праворуч від графічного зображення.







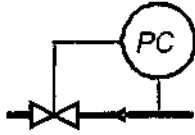




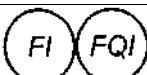






За необхідності конкретизації вимірюваної величини праворуч від графічного зображення приладу допускається вказувати найменування або символ цієї величини.











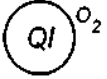
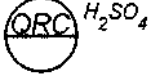

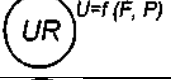




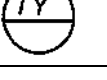
Для позначення величин та функціональних ознак, не передбачених даним стандартом, допускається використовувати резервні літери. Застосування резервних літер повинне бути розшифроване на схемі.

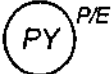



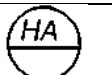
Приклади побудови умовних зображень приладів і засобів автоматизації наведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Умовні зображення приладів і засобів автоматизації [1 - 5]

№ з/п	Зображення	Найменування
1		Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання температури, встановлений за місцем
2		Прилад для вимірювання і показу температури, встановлений за місцем
3		Прилад для вимірювання і показу температури, встановлений на щиті (див. два сектори на зображенні)
4		Прилад для вимірювання температури безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем
5		Прилад для вимірювання температури однокерований, реєструючий, встановлений на щиті
6		Прилад для вимірювання температури з автоматичним оббігаючим пристроєм, реєструючий, встановлений на щиті
7		Прилад для вимірювання температури реєструючий, регулюючий, встановлений на щиті
8		Регулятор температури безшкальний, встановлений за місцем
9		Прилад для вимірювання температури безшкальний із контактним пристроєм, встановлений за місцем
10		Байпасна панель дистанційного керування, встановлена на щиті
11		Перемикач електричних ланцюгів вимірювання (керування), перемикач для газових (повітряних) ліній, встановлений на щиті

12		Прилад для вимірювання і показу тиску (розрідження), встановлений за місцем
13		Прилад для вимірювання і показу перепаду тиску, встановлений за місцем. Наприклад, дифманометр показувальний
14		Прилад для вимірювання тиску (розрідження) безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем
15		Прилад для вимірювання тиску (розрідження) реєструючий, встановлений на щиті
16		Прилад для вимірювання тиску з контактним пристроєм, встановлений за місцем
17		Прилад для вимірювання і показу тиску (розрідження) з контактним пристроєм, встановлений за місцем
18		Регулятор тиску, що працює без використання стороннього джерела енергії (регулятор тиску прямої дії) "поперед себе"
19	-	-
20		Прилад для вимірювання витрати безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем
21		Прилад для вимірювання співвідношення витрат реєструючий, встановлений на щиті
22		Прилад для вимірювання і показу витрати, встановлений за місцем
23		Прилад для вимірювання витрати інтегруючий, встановлений за місцем
24		Прилад для вимірювання і показу витрати, інтегруючий, встановлений за місцем
25		Прилад для вимірювання витрати інтегруючий, з пристроєм для видачі сигналу після проходження заданої кількості речовини, встановлений за місцем
26		Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання рівня, встановлений за місцем
27		Прилад для вимірювання і показу рівня, встановлений за місцем
28		Прилад для вимірювання рівня з контактним пристроєм, встановлений за місцем
29		Прилад для вимірювання рівня безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем
30		Прилад для вимірювання рівня безшкальний, регулюючий, з контактним пристроєм, встановлений за місцем

31		Прилад для вимірювання і показу рівня з контактним пристроєм, встановлений на щиті
32		Прилад для вимірювання густини розчину безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем
33		Прилад для вимірювання і показу розмірів, встановлений за місцем
34		Прилад для вимірювання і показу будь-якої електричної величини, встановлений за місцем. Наприклад:
		напруга*,
		сила струму*,
		потужність*
35		Прилад для керування процесом за тимчасовою програмою, встановлений на щиті
36		Прилад для вимірювання вологості реєструючий, встановлений на щиті
37		Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання якості продукту, встановлений за місцем
38		Прилад для вимірювання і показу якості продукту, встановлений за місцем
39		Прилад для вимірювання якості продукту реєструючий, регулюючий, встановлений на щиті
40		Прилад для вимірювання і показу радіоактивності з контактним пристроєм, встановлений за місцем
41		Прилад для вимірювання декількох різнорідних величин реєструючий, встановлений за місцем
42		Прилад для вимірювання швидкості обертання приводу реєструючий, встановлений на щиті
43		Прилад для вимірювання і показу в'язкості розчину, встановлений за місцем
44		Прилад для вимірювання і показу маси продукту з контактним пристроєм, встановлений за місцем
45		Прилад для контролю згасання факела в печі безшкальний із контактним пристроєм, встановлений на щиті
46		Перетворювач сигналу, встановлений на щиті. Вхідний сигнал електричний, вихідний сигнал теж електричний

47		Перетворювач сигналу, встановлений за місцем. Вхідний сигнал пневматичний, вихідний сигнал електричний
48		Обчислювальний пристрій, що виконує функцію множення, встановлений на щиті
49		Пускова апаратура для керування електродвигуном (включення, виключення насоса; відкриття, закриття засувки тощо), встановлена за місцем
50		Апаратура, призначена для ручного дистанційного керування (включення, виключення двигуна; відкриття, закриття замкового пристрою, зміна завдання регулятора), встановлена на щиті
51		Апаратура, призначена для ручного дистанційного керування, забезпечена пристроєм для сигналізації, встановлена на щиті

Порядок виконання роботи студентом:

1. Вивчає теоретичні положення, викладені вище, та відповідає на контрольні запитання викладача.

2. Обирає самостійно електричну величину, рівень якої необхідно виміряти.

3. За допомогою технічної літератури та мережі Internet визначає/обирає необхідний вид засобу вимірювальної техніки (ЗВТ) та обґрунтовує свій вибір.

4. Фотографує або знаходить в лабораторії метрології кафедри Систем якості, стандартизації та метрології або Інтернеті контрольний-вимірювальний прилад (амперметр, вольтметр, частотомір тощо), позначки на шкалі якого піддає розгляду та аналізу.

5. При цьому визначає:

- позначення контрольний-вимірювального приладу КВП для обраної вимірюваної електричної величини за табл. 2.1;
- принцип дії (КВП) за табл. 2.2;
- род струму за табл. 2.3;
- клас точності КВП за табл. 2.4;
- формує графічні (вказуючи *номер позиції зображення за табл. 2.9*) та літерні ідентифікатори для обраного КВП, користуючись рис. 2.3.

6. Порівнює ці дані з позначками на шкалі реального приладу.

7. Представляє результати роботи у звіті.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють у виші. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 3...5 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Практична робота № 2

«Проектування ІВС з вимірювання температури»

Мета: набуття студентами умінь компонувати інформаційно-вимірювальну систему (ІВС) необхідними складовими.

Суть розробки: Ознайомлення зі складом частин проекту: стадії та етапи при проектуванні ІВС. Відображення необхідних метрологічних характеристик та функціональних можливостей складових ІВС; обґрунтування вибору засобів інформаційно-вимірювальної техніки (ІВТ). Визначення складових ІВС для вимірювань температури.

Предметна сфера розробки: Проектування ІВС для вимірювання, випробувань та контролю якості процесів; метрологічна служба на підприємстві.

Основні визначення та загальні положення.

Інформаційно-вимірювальна система являє собою сукупність засобів вимірювальної техніки та допоміжних пристроїв, призначених для автоматичного збору інформації від ряду джерел з багаторазовим використанням вимірювальних перетворювачів, передачі вимірювальної інформації на певні відстані по вимірювальних каналах (каналах зв'язку) і представлення її у необхідному вигляді, зокрема, для застосування в автоматичних системах управління [2, 3].

Вимірювальними перетворювачами називають засоби (або елементи засобів) вимірювань, які перетворюють вимірювану величину у сигнали, форма яких є зручною для передачі, подальшого перетворення, обробки та зберігання, але які не призначені для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Вимірювальний канал інформаційно-вимірювальної системи – це технічно або функціонально відокремлена частина вимірювальної системи, призначена для виконання певної функції (наприклад, для сприйняття вимірюваної величини або для отримання числа або коду, що є результатом вимірів цієї величини) [2, 3].

Розрізняють:

- *прості вимірювальні канали* (в яких використовується прямий метод вимірювань, що реалізується за допомогою упорядкованих вимірювальних перетворень);
- *складні вимірювальні канали* (об'єднання декількох простих вимірювальних каналів; сигнали з виходу яких використовуються для непрямих, сукупних або спільних вимірювань або для перетворення отриманого сигналу пропорційно результату вимірювань).

На вході вимірювального каналу, як правило, розташовують ***вимірювальний прилад*** - це засіб (або елемент засобу) вимірювання, який зазвичай з'єднується з вимірювальним перетворювачем та забезпечує у фіксованому діапазоні *реєстрацію значення* фізичної величини у формі, що є зрозумілою для сприйняття спостерігачем. Конструкція такого приладу, як правило, включає пристрій індикації.

Відповідно до методу визначення значення вимірюваної величини виділяють:

- вимірювальні прилади прямої дії (за допомогою яких можна отримати значення вимірюваної величини безпосередньо на відліковому пристрої, наприклад, рідинний термометр);
- вимірювальні прилади порівняння (у яких значення вимірюваної величини отримують за допомогою порівняння з відомою величиною, що відповідає її мірі, наприклад, важільні ваги).

За видами індикації вимірюваної величини виділяють [2]:

- вимірювальні прилади, що показують (тут можна тільки зчитувати значення вимірюваної величини, наприклад, за шкалою стрілочного вольтметра);

- вимірювальні прилади, які реєструють: вони дозволяють фіксувати результати вимірювання, наприклад, за допомогою паперової діаграми або нанесенням на будь-який інший носій інформації.

Складовою вимірювальної приладу є **відліковий пристрій** – конструктивно відокремлена частина засобу вимірювання, яка призначена для відліку показань.

Відлікові пристрої поділяють на [2]:

- шкальні (включають у себе шкалу і покажчик);
- цифрові;
- реєструючі.

Шкала – це система позначок і відповідних їм послідовних числових значень вимірюваної величини. Головні характеристики шкали:

- діапазон вимірювань (область значень величин, в межах якої встановлена нормована гранично допустима похибка приладу);
- кількість поділок на шкалі;
- довжина поділки (відстань між сусідніми відмітками даної шкали);
- ціна поділки (різниця між значеннями двох сусідніх значень на даній шкалі);
- діапазон показань (область значень шкали, нижньою межею якої є початкове значення цієї шкали, а верхньою – кінцеве значення даної шкали);
- межі вимірювань (мінімальне і максимальне значення діапазону вимірювань).

У вимірювальних приладах виділяють наступні види шкал:

- одностороння (шкала, в якій нуль розташовується в її початку);
- двостороння (шкала, в якій нуль розташовується не в її початку); її варіантом є симетрична (шкала, в якій нуль розташовується в її центрі);
- безнульова (шкала, яка починається не з нуля).

Вказані структурні елементи ІВС класифікують за рядом ознак.

За типом вихідного сигналу їх поділяють на **активні** (ті, що генерують фізичні величини) – носії енергії (наприклад, термопари, акумулятори, підсилювачі сигналів різного роду, джерела, випромінювання, зокрема, світла й ін.), - і **пасивні**, властивості яких залежать від стану матерії і виражаються фізичними величинами, які не є носіями енергії (наприклад, електричні опори, ємності, індуктивності, оптичні елементи: призми, дзеркала тощо).

За видом зв'язку між вхідною і вихідною величинами структурні блоки поділяють на **лінійні** та **нелінійні** [2].

Лінійними називаються блоки, передавальні функції яких забезпечують **пропорційне** перетворення вхідного сигналу X_j на вихідний сигнал Y_i :

$$Y_j = K_j \cdot X_j. \quad (2.1)$$

Це тип блоків є найбільш простим і зручним для аналізу, тому для проектування та побудови майбутніх складових ІВС на підставі їх моделювання, по можливості, слід застосовувати лінійні елементи. Прикладом лінійного блоку є «ідеальний підсилювач».

Для **нелінійних** блоків зв'язок між вхідним і вихідним сигналами описується функцією f_j , що не задовольняє наведеним вище умовам:

$$Y_j = f_j \cdot X_j. \quad (2.2)$$

У свою чергу, такі блоки поділяють на **квазілінійні** та **функціональні**.

Квазілінійні блоки характеризуються незначною нелінійністю, і у певних діапазонах можуть бути прийняті за лінійні.

Функціональним блокам властива значна нелінійність, яка повинна враховуватись при побудові й аналізі відповідної нелінійної математичної моделі. Прикладом може бути підсилювач на основі транзистора з нелінійною вольт-амперною характеристикою.

Залежно від динамічних властивостей структурні блоки ІВС поділяють на *статичні* і *динамічні* [2].

У *статичних блоках* взаємозв'язок між вихідною і вхідною величинами не залежить від швидкості зміни вхідного сигналу і його похідних більш високих порядків (наприклад, при використанні резистора).

Якщо таку залежність необхідно враховувати, то даний структурний блок слід вважати динамічним. Цьому відповідають, наприклад, елемент з інерцією: ємнісно-індуктивний коливальний контур без затухання коливань або з ним тощо.

Структурні блоки також класифікують за функцією, виконуваною в засобі вимірювання. За цією ознакою їх поділяють на *підсилювачі* різних видів, *подільники*, *диференціатори*, *інтегратори*, *комутатори*, *ключі*, *фільтри* тощо.

За видом представлення сигналів структурні елементи ІВС можуть бути *аналоговими* або *дискретними* (цифровими).

До останніх відносять *логічні елементи*, *тригери*, *реєстри*, *лічильники*, *шифратори* і *дешифратори*, *мультиплексори*, *компаратори кодів* та ін.

На структурних схемах елементи зображуються у вигляді прямокутників, усередині яких якимось чином умовно позначено їх назву. Крім того, на схемах обов'язково повинно бути показано напрямок поширення вимірювальної інформації, позначені входи і виходи структурних елементів. Часто наводять пояснювальні написи, тимчасові залежності сигналів в характерних точках, таблиці та ін.

Структурні схеми засобів вимірювання дуже різноманітні. Однак, у *залежності від з'єднання елементів* структурної схеми, розрізняють два основних їх види: *прямого* і *врівноважуючого* (компенсаційного) перетворення вимірювального сигналу [2 - 4]. Вони істотно розрізняються за складом результуючої похибки вимірювань та її залежності від похибок окремих складових-елементів.

При прямому перетворенні вимірювального сигналу реалізуються методи: *безпосередньої оцінки*, *порівняння з мірою* та *доповнення*.

При врівноважуючому (компенсаційному) перетворенні вимірювального сигналу реалізуються методи: *диференціальний*, *нульовий*, *заміщення*, *протиставлення* та *збігів*.

Вигляд функції Y за формулою (2.1) або (2.2) додатково залежить від виду зв'язку між блоками (послідовність, паралельність, наявність зворотного зв'язку тощо).

Структурна схема *елементарної базової системи вимірювання* представлена на рисунку 2.4.

Тут $Ч$ – чутливий елемент, який сприймає вплив об'єкту; M – елемент міри (зберігач еталона); CP_1 – елемент, який зіставляє дві величини: отриману чутливим елементом $X'(t)$ і величину, що зберігає еталон (міру) $X_{em}(t)$; B – вимірюючий елемент (вимірювальний прилад) – кінцевий елемент, що представляє сигнал у необхідній формі. Результатом вимірювання стає число $У$. Наприклад, при фактичному розмірі деталі $X_{вим} = 20$ мм, а заданому $X_z = 18$ мм, різниця складає: $\Delta = X_{вим} - X_z = 20 - 18 = 2$ мм, де Δ - відхилення від норми. Ця величина визначає, наприклад, необхідне зняття з деталі зайвого металу

шліфуванням.

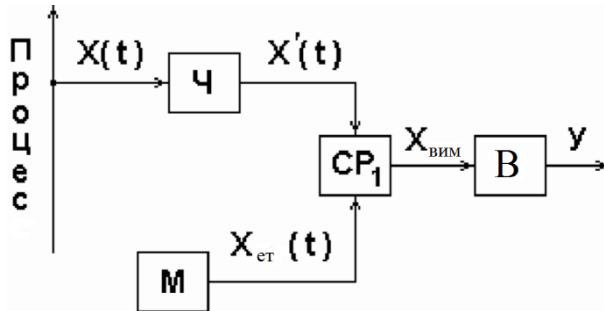


Рисунок 2. 4 – Структурна схема елементарної базової системи вимірювання (пояснення позицій – у тексті)

У найпростішому випадку такі дії виконує людина. При автоматизації виробничих процесів *операції управління* відповідним виконавчим засобом та контролю здійснюється самою ІВС.

Відповідна структурна схема *елементарної базової системи поточного (у часі t) контролю/управління* представлена на рисунку 2.5.

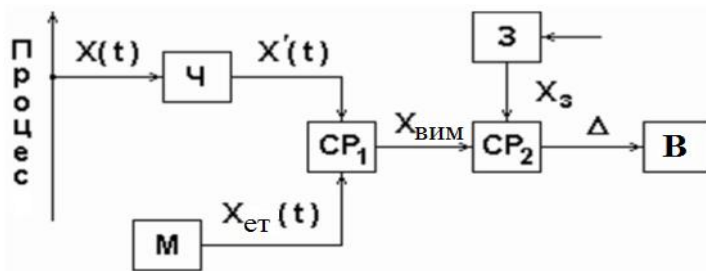


Рисунок 2.5 – Структурна схема елементарної базової системи контролю/управління (пояснення позицій – у тексті)

Схема містить систему вимірювання, як на рис. 2.4, а між вимірювачем B та задавачем $З$ *потрібного* значення вимірюваної величини розташовують другий пристрій $СР_2$ зіставлення величин $X_{вим}$ та $З$.

У такому разі результатом контролю (і управління) є відхилення Δ величини $X_{вим}(t)$ від сигналу $X_з(t)$.

Сигнал $X_з(t)$ може бути заданим у 3-х видах:

- 1) постійним $X_з(t) = const$;
- 2) $X_з(t) = f(t)$ – у вигляді заданої функції часу;
- 3) $X_з(t) = \Psi(t)$ – як заздалегідь невідома функція.

У першому випадку мова йде про *стабілізуючий контроль*, коли визначається відхилення від постійної величини. У другому випадку визначається відхилення виміряної величини від заданої функції часу $f(t)$ – це *програмний контроль*. У третьому випадку визначається відхилення від заздалегідь невідомої, але існуючої функції на підставі *послідовності* вимірювань – це *відслідковуючий (спостерігаючий) контроль*.

Якщо отримане в процесі контролю виміряне відхилення B від норми подати на вхід автоматичного пристрою, то отримаємо схему *автоматичного регулювання*, за допомогою якої відхилення від норми не буде перевищувати заданого значення (в ідеальному випадку

прагне до нуля).

Структурна схема елементарної базової системи регулювання представлена на рисунку 2.6. Тут СК - система контролю за рис. 2.5; ПР – перетворювач; В – вихідний сигнал перетворювача; \otimes – пристрій перетворення сигналу.

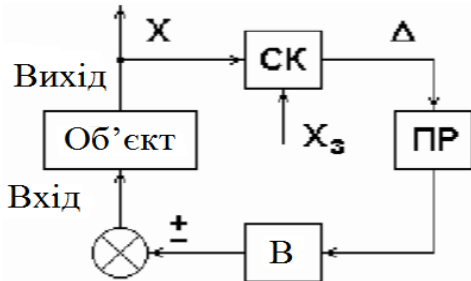


Рисунок 2.6 – Структурна схема елементарної базової системи регулювання (пояснення позицій – у тексті)

Регулювання може здійснюватись за абсолютною величиною Δ або за відносною величиною *неузгодженості*: $\varepsilon = \Delta / X_3(t)$.

Так само, як і для системи контролю, система регулювання $X_3(t)$ може бути трьох видів:

- 1) $X_3(t) = \text{const}$;
- 2) $X_3(t) = f_1(t)$ – як задана функція часу;
- 3) $X_3(t) = \Psi_1(t)$ – як заздалегідь невідома функція.

У першому випадку мова йде про *автомат стабілізації*, в другому - про *програмне регулювання*. В третьому випадку говорять про *синхронно-відслідковує (синхронно-спостерігаюче) регулювання*.

Для управління сучасними технологічними процесами (об'єктами) доводиться вимірювати кілька параметрів (їх може бути сотні), і по ним приймати рішення про доцільний вплив на об'єкт.

Чим вище рівень автоматизації, тим більше різних обчислювальних операцій виконують самі прилади. В цьому випадку необхідною ланкою в системі вимірювання є *обчислювальний пристрій*.

Слід мати на увазі, що вид структурної схеми (зокрема, наявність зворотного зв'язку: СК-ПР-В, як на рис. 2.6) може суттєво змінити вид функції перетворення системи у порівнянні з функціями перетворення її складових. При цьому, сукупність *лінійних* блоків у підсумку навіть може дати *нелінійну* систему.

Паралельно з проєктуванням конструктивних та енергетичних структур інформаційно-вимірювальної системи поширеним способом *представлення структур інформаційної взаємодії* є первинна конструкція – *структура інформаційних зв'язків*, яка містить відомості про те, яким чином у системі відбувається обмін інформацією.

Для цього застосовують каскадні (рисунки 2.7, а) (ланцюгові та кільцеві), радіальні (рисунки 2.7, б) і магістральні (рисунки 2.7, в) будови, а також їх комбінації.

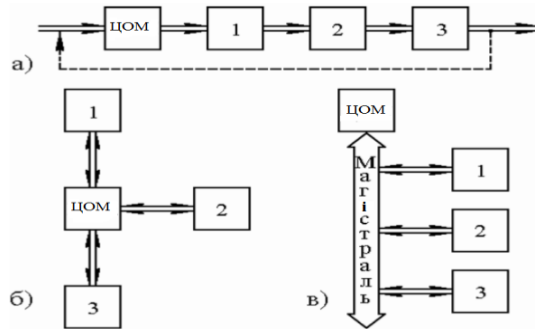


Рисунок 2.7 – Типові структури інформаційної взаємодії складових ІВС: ЦОМ - центральна обчислювальна машина (пристрій управління); 1, 2, 3 - компоненти інформаційно-вимірювальної системи [2 - 4]

Каскадні структури використовуються в системах з децентралізованим управлінням: центральна обчислювальна машина (ЦОМ) знаходиться на вході першого компонента, а вихідний сигнал попереднього модуля є керуючим для подальшого. Це зумовлює простоту і досягнення найкращих динамічних характеристики (перш за все – швидкодії).

У *радіальних структурах* ЦОМ одночасно визначає режими роботи модулів, конфігурацію і параметри вимірювального тракту, здійснює обробку вимірювальної інформації. Такі структури мають обмеження щодо нарощування кількості модулів, що звужує можливості системи.

У *магістральних структурах* кожен сигнал передається по загальній для всіх модулів шині - *магістралі*. Супутня адресна інформація показує, до якого блоку відносяться дані, що передаються. Такі структури не мають обмеження за кількістю блоків у системі, але потребують наявності кодування та декодування адрес блоків. Що ускладнює систему.

Проектування — це комплекс робіт який складається з пошуку, досліджень, розрахунків та їх результатів з метою отримання опису достатнього для створення нового об'єкту або виробу, його реконструкції, модернізації, що відповідає заданим вимогам.

У техніці – це розробка проєктної, конструкторської та іншої технічної документації, призначеної для створення нових видів та зразків виробів і забезпечення будівництва.

Процес проектування інформаційно-вимірювальних систем має забезпечити додержання наступних принципів майбутнього функціонування засобів вимірювань:

- *інформативність* (точність, швидкодія і чутливість);
- *інваріантність* (незалежність результату вимірювального перетворення від змін факторів, що впливають: характеристики оточення, внутрішні параметри засобу вимірювання та неінформативні параметри вхідного сигналу);
- *відсутність порушення природного функціонування об'єкта розробки* (мінімальність впливу засобів вимірювання на об'єкт дослідження);
- *багатофункціональність* (економічно доцільна максимізація універсальності засобу вимірювання - розв'язання найбільшої кількості вимірювальних задач в даній галузі техніки і вимірювань);
- *агрегативність* (взаємна сумісність засобів вимірювань між собою та іншими технічними засобами);

- *технічна реалізованість* (відповідність проекту засобу вимірювання технологічним можливостям виробництва, характеристикам матеріалів і комплектуючих деталей та вузлів);

- *надійність та метрологічна стабільність* (відповідність ймовірності нормального функціонування засобу вимірювання протягом заданих характеристик надійності, терміну та умов використання);

- *оптимальність в техніко-економічному сенсі*, що досягається одночасною мінімізацією складності та вартості при повній відповідності всім заданим характеристикам, викладеним в технічних вимогах, зокрема, оптимальному розподілу функцій між апаратною і програмною частинами засобу вимірювання;

- *ергономічність* - відповідність характеристик створюваного засобу вимірювання антропологічним, оптичним, акустичним, психічним та іншим характеристикам потенційного оператора.

При проектуванні доцільно широко використовувати уніфіковані (стандартизовані) складові: деталі (гвинти, гайки, шайби й ін.), радіоелектронні елементи (резистори, конденсатори, діоди, транзистори, інтегральні мікросхеми тощо), вузли і готові вироби (шарикопідшипники, електродвигуни, зубчасті редуктори, штепсельні роз'єми і т.ін.).

Застосування таких складових скорочує час розробки, здешевлює засіб вимірювань і підвищує його надійність, оскільки освоєні в багатосерійному виробництві деталі та вузли зазвичай мають більш високу якість, ніж спеціальні, що випускаються малими партіями.

Ефективним засобом підвищення якості складових ІВС та їх здешевлення є широка *уніфікація їх конструкцій*. Уніфіковані ЗВ, завдяки їх багатосерійному і масовому випуску, краще відпрацьовані, в результаті чого вони більш надійні і дешеві, ніж засоби вузького застосування.

У процесі проектування потрібно прагнути до того, щоб в рамках однієї моделі перехід від одного діапазону вимірювання до іншого (або від одного класу точності до іншого) забезпечувався простим переключенням органів управління засобом, а всі його модифікації мали, по можливості, подібну конструкцію. При цьому, перехід від однієї моделі до іншої супроводжувався б мінімальними змінами, наприклад, заміною якогось *одного* вузла або обмеженої кількості деталей.

Основні види інформаційно-вимірювальних систем можна представити у вигляді конструктивних, енергетичних та інформаційних структур.

Перший крок циклу проектування конструктивних чинників інформаційно-вимірювальної системи та її складових з урахуванням енергетичних зв'язків між останніми включає визначення *функціональної специфікації* - переліку вимог користувача щодо функцій (відповідь на запитання «*що треба?*») та виду (наприклад, *інтерфейсу зв'язку з оточенням*) системи.

Наступним кроком є проектування системи на основі функціональної специфікації. Тут необхідно визначити *апаратну і програмну конфігурації*, тобто з яких частин повинна складатися система, і як ці частини повинні бути взаємопов'язані.

Проектування апаратної частини може бути виконано з використанням стандартної методології проектування апаратури.

Проектування програмного забезпечення доцільно виконувати з використанням певної мови проектування. Це здійснюється шляхом перетворення конструкцій мови проектування в мову програмування електронно-обчислювальних машин, об'єднується в

єдине ціле з апаратурою, одночасно тестується з нею, після чого оцінюються експлуатаційні характеристики системи.

Перелік *основних стадій процесу проектування ІВС і контрольних-вимірювальних приладів регламентується прийнятою в країні нормативно-технічною документацією:*

- єдиною системою програмної документації (ЄСПД);
- єдиною системою конструкторської документації (ЄСКД);
- системою проектної документації для будівництва (СПДБ).

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.

Основні стадії проектування інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) представлені на рисунку 2.8 [5 - 8].



Рисунок 2.8 – Узагальнене представлення стадій проектування [4]

Кожна зі стадій має свої етапи і конкретні кроки виконання.

На передпроектній частині проектування виконуються наступні дії.

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

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

На етапі «**Обстеження об'єкта та обґрунтування необхідності створення ІВС**» здійснюються наступні кроки:

- збір даних про об'єкт вимірювань;
- оцінка якості функціонування об'єкта вимірювань;

виявлення проблем, вирішення яких можливо здійснити із застосуванням засобів вимірювання, контролю та метрології;

- оцінка техніко-економічної доцільності створення ІВС.

На етапі «**Формування вимог замовника до ІВС**» здійснюються такі кроки:

– підготовка вихідних даних для формування вимог до ІВС, що включають (характеристику об'єкта вимірювань, опис вимог до системи, допустимі витрати на

розробку, особливості введення в дію та експлуатацію, ефект, очікуваний від системи, умови створення та функціонування системи);

- формулювання та оформлення вимог замовника до ІВС.

На стадії **«Оформлення звіту про виконану роботу та заявки на розробку ІВС»** виконується кроки:

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

Етап **«Розробка концепції ІВС»** включає наступні стадії:

- вивчення об'єкта вимірювань;
- проведення необхідних науково-дослідних робіт;
- розробка варіантів концепції ІВС і вибір варіанта концепції ІВС відповідно до вимог замовника.

Після завершення етапу оформляється звіт.

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

- детальне вивчення об'єкта вимірювань і визначає перелік необхідних науково-дослідних робіт, пов'язаних з пошуком шляхів і оцінкою можливості реалізації вимог замовника;
- оформлення та затвердження звітів.

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

- розробка альтернативних варіантів концепції ІВС 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.

Етап Безпосереднього проєктування включає розробку:

- технічного завдання (ТЗ) – це надзвичайно відповідальний етап;
- технічної пропозиції;
- ескізного проєкту;
- технічного проєкту;
- робочої документації.

На стадії розробки ТЗ проводяться розробка, оформлення, погодження та затвердження технічного завдання на створення ІВС, а при необхідності – кількох технічних завдань на частини ІВС.

Технічне завдання має містити основні відомості, що характеризують проєктовану інформаційно-вимірювальну систему. У ньому встановлюють: основне призначення, вимоги, склад, кроки розробки стосовно даного проєкту, програмне, методичне та метрологічне забезпечення, а також спеціальні вимоги до системи, галузь застосування, технічні характеристики і метрологічні параметри, показники якості, техніко-економічні характеристики, обґрунтування ефективності застосування, технічні вимоги,

етапи розробки і терміни їх виконання, перелік документів, що підлягають розгляду замовником та виконавцем, особливості приймальних випробувань.

До основних технічних характеристик інформаційно-виміральної системи відносять метрологічні параметри: динамічний і частотний діапазони, похибка, швидкодія, чутливість, поріг чутливості, - а також загальнотехнічні параметри: надійність, складність, габарити, маса і т. д. У Технічному завданні також повинні бути наведені критерії оцінки цих характеристик.

При розробці технічної пропозиції передбачається виконання наступних кроків:

- підбір патентних матеріалів та інших джерел інформації щодо аналогів, їх аналіз та визначення патентної чистоти та патентоспроможності майбутньої системи;
- розробка можливих варіантів реалізації системи, що задовольняють вимоги ТЗ, порівняльна оцінка цих варіантів і обґрунтування вибору найкращого варіанту.

Варіанти системи можуть відрізнятися за алгоритмами збору і обробки інформації, технічними і програмними засобами, видами використовуваного інтерфейсу, модуляцією сигналів тощо. Порівняльна оцінка варіантів повинна виконуватися з урахуванням критеріїв оцінки показників якості, визначених у ТЗ;

Технічна пропозиція (ТП) містить технічне та економічне обґрунтування доцільності проектування об'єкту згідно з ТЗ, можливі варіанти його реалізації, а також порівняння розроблюваної конструкції з аналогічними, перевірку патентоспроможності, й ін.

Ескізний проєкт (ЕП) – це сукупність документації, яка містить принципові компонувальні і структурні рішення, що дають уявлення про устрій і принцип роботи обладнання, а також дані, що визначають основні параметри об'єкта, який розробляється.

Технічний проєкт (ТП-Т) – сукупність документації, яка містить технічні рішення, що дають повне уявлення про об'єкт, що проєктується, а також всі початкові дані, необхідні для розробки робочої документації на стадії конструювання.

Робочу документацію (РД) використовують для одиничного, серійного і масового виробництва об'єктів. У процесі розроблення РД найбільш повно враховують технологічні й організаційні фактори виробництва. Ця стадія розроблення найбільш довготривала та потребує найбільших витрат часу і засобів. РД розробляють послідовно для виготовлення й випробування *дослідного зразка (партії), установчої серії, серійного та масового виробництва.*

Розробленим варіантам ТЗ можуть відповідати кілька варіантів *попередніх* ТП (ТП₁, ТП₂,..., ТП_к). Зіставляючи ці ТП з варіантами ТЗ, установлюють *оптимальне* ТЗ (ОТЗ).

За аналогією можуть бути встановлені *оптимальні*: технічна пропозиція (ОТП), ескізний проєкт (ОЕП), технічний проєкт (ОТП-Т). Оптимальні варіанти визначають на підставі порівняння оцінок за двома стадіями розроблення; обернені зв'язки між стадіями проєктування вказують на можливість уточнення прийнятих раніше рішень.

Розроблення ТЗ і весь процес проєктування є процесом техніко-економічним з урахуванням суспільної потреби у створенні нової технічної системи, що повинна відповідати сучасному рівню розвитку техніки, меті та задачам проєктування. Тому при розробленні ТЗ мова повинна йти про виконання при проєктуванні *техніко-економічних вимог (ТЕВ)*, які враховують розвиток потреб суспільства, науково-технічного прогресу й існуючої матеріально-технічної бази. *ТЕВ – це сукупність обмежень на технічні та економічні показники, структуру і склад техніки, отримані як результат найбільш*

раціонального врахування потреб суспільства в техніці й найкращих способах їх задоволення.

Наявність ТЗ зумовлює розподіл праці між проєктувальниками стосовно відповідних стадій (етапів) життєвого циклу виробу. Функції ТЗ може виконувати й інший документ: договір, угода, контракт, протокол тощо, - який містить необхідні та достатні вимоги для виконання роботи з відповідним об'єктом і визнаний сторонами такого документу.

Вихідні дані для розробки ТЗ

При розробці технічного завдання використовуються такі інформаційні матеріали:

- науково-технічна інформація;
- патентна інформація;
- характеристика ринку збуту;
- характеристика виробництва (технологічна оснащеність, кваліфікація кадрів, технологічна дисципліна, рівень організації праці тощо), на якому виріб планується виготовляти.

Іноді ТП та ОТП замінюють *аванпроєктом*, який дозволяє попередньо поглиблено пропрацювати комплекс питань, що визначають необхідність та доцільність створення виробу. Розробка аванпроєкту повинна гарантувати можливість створення продукції, що відповідає за техніко-економічними показниками світовому рівню.

Структура технічного завдання (та відповідного аванпроєкту) наступна:

- **1.** Найменування об'єкта розробки, та область застосування; повне найменування об'єкта та його умовне позначення; шифр теми або шифр (номер) договору; перелік документів, на підставі яких створюється проєкт; ким і коли затверджені ці документи; планові терміни початку та закінчення робіт зі створення об'єкта);

2. Підстава для розробки та назва проєктної організації (найменування підприємств розробника і замовника системи та їхні реквізити; перелік юридичних та фінансових документів, на підставі яких створюється система, ким і коли затверджені ці документи; відомості про джерела та порядок фінансування робіт.

3. Мета розробки.

4. Джерела розробки (документи та інформаційні матеріали (техніко-економічне обґрунтування, звіти про закінчені науково-дослідні роботи, інформаційні посилання на вітчизняні і зарубіжні аналоги та ін.), на підставі яких розроблялося ТЗ і які мають бути використані при створенні системи.

5. Технічні вимоги, які включають:

- склад об'єкта та вимоги до його конструктивного виконання;
- показники призначення та економічного використання сировини, матеріалів, палива і енергії;
- вимоги до надійності;
- вимоги до технологічності;
- вимоги до рівня уніфікації і стандартизації;
- вимоги безпеки при роботі обладнання;
- естетичні і ергономічні вимоги;
- вимоги до складових частин продукції, сировини і експлуатаційних матеріалів;
- вимоги патентної чистоти;
- вимоги експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту;
- вимоги до категорії якості.

6. Економічні показники:

- гранична ціна;
- економічний ефект;
- термін окупності витрат на розробку і освоєння об'єкта;
- допустима річна потреба в об'єкті проектування.

7. Порядок контролю і приймання об'єкта:

- види, склад, обсяг і методи випробувань системи та її складових частин (види випробувань відповідно до чинних норм, які поширюються на систему, що розробляється);
 - загальні вимоги до приймання робіт (продукції) за стадіями (перелік учасників, місце і терміни проведення), порядок узгодження і затвердження приймальної документації;
 - статус приймальної комісії.

При розробці та аналізі структурної схеми та алгоритму роботи найкращого обраного варіанта проекрованої системи здійснюється вибір функціональних блоків проекрованої системи. Для її створення доцільно використовувати готові функціональні блоки, що випускаються промисловістю і можуть бути об'єднаними в систему за допомогою стандартного інтерфейсу. Однак при проектуванні системи не завжди вдається забезпечити її всіма необхідними стандартними складовими.

У такому випадку слід передбачити розробку відповідних блоків, що включає:

- розв'язання принципових питань метрологічного, програмного і методичного забезпечення проекрованої інформаційно-виміральної системи;
- розгляд та затвердження технічної пропозиції, в результаті чого повинен бути обґрунтований доцільний шлях реалізації вимог ТЗ.

Стадії розробки технічного завдання і технічної пропозиції можна віднести до системотехнічного проектування інформаційно-виміральної системи, особливістю якого є розгляд системи в цілому із залученням відповідного математичного апарату. Ця стадія роботи часто виконується у вигляді науково-дослідної роботи (НДР).

Типові етапи і стадії проведення НДР наведено в таблиці 2.10 [7].

Таблиця 2.10 – Основні типові етапи і стадії проведення НДР при розробці ТЗ та Технічної пропозиції проекту (складових проекту) ІВС

Етапи робіт	Стадії НДР	Технічна документація
Розробка технічного завдання (ТЗ) на проведення НДР	Аналіз вихідних джерел інформації. Розробка технічного завдання й Узгодження і 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). Розробка технічної пропозиції за результатами аналізу ТЗ і джерел НТІ. Узгодження і затвердження технічної	Пояснювальна записка, огляд, розрахунок, звіт про науково- дослідницьку роботу

	пропозиції	
Проведення теоретичних та Експериментальних досліджень	Розробка вихідної методичної документації для проведення досліджень. Проведення досліджень. Розробка експериментальних зразків досліджуваного об'єкта. Проектування і виготовлення експериментальних зразків, макетів, засобів дослідження. Коректування технічної документації	Пояснювальна записка, розрахунок, ескіз, робоче креслення, технологічна карта, акт випробувань, звіт з НДР. Пояснювальна записка, розрахунок, ескіз, робоче креслення, ТЗ на проведення ДКР

Подальші стадії проектування виконуються зазвичай у вигляді *дослідно-конструкторських робіт* (ДКР).

Головними за ступенем їх впливу на якість майбутньої ІВС є етапи конкретного проектування та впровадження.

Стадія ескізного проектування передбачає створення документів, які містять принципи конструктивні рішення, що дають загальне уявлення про будову та принцип роботи ІВС. В необхідних випадках виготовляються і випробовуються макети виробів. Ескізний проект після узгодження і затвердження служить основою для розробки технічного проекту або робочої документації.

Ця стадія передбачає наступні кроки:

- розробка попередніх проектних рішень щодо системи та її частин;
- розробка документації на ІВС та її частини.

На кроці «*Розробка попередніх проектних рішень стосовно системи та її частин*» визначаються:

- функції та цілі системи та її 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 ІВС.

Стадія технічного проектування пов'язана зі створенням документів, які містять остаточні технічні рішення, дають повне уявлення про систему, що розробляється.

На цій стадії виконуються наступні кроки:

- розробка проектних рішень стосовно системи та її частин;
- розробка документації на ІВС та її частини;

- розробка та оформлення документації на поставку виробів для комплектування ІВС і технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку;
- розробка завдань на проектування в суміжних частинах проєкту.

На При «Розробці проєктних рішень стосовно системи та її частин» проводиться розробка та узгодження рішень щодо:

- рамок 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 кроці «Розробка документації на ІВС та її частини» проводиться розробка, оформлення, погодження та затвердження документації в обсязі, необхідному для опису повної сукупності прийнятих проєктних рішень і достатньому для їх подальшої реалізації.

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

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

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

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

- розробка робочої документації на ІВС та її частини;
- розробка і формування програмного забезпечення.

На етапі «Розробка робочої документації на ІВС та її частини» здійснюються:

- розробка робочої документації, що містить всі необхідні і достатні відомості для забезпечення виконання робіт з уведення ІВС 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 ІВС.

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

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

Завершальною є стадія зі створення робочої документації на проєктовану інформаційно-вимірювальну систему. Вона включає в себе розробку конструкторської документації на дослідний зразок системи, виготовлення дослідного зразка, проведення державних, міжвідомчих або інших випробувань дослідних зразків, наступні коригування робочої документації, підготовку робочої документації та виготовлення установчої серії, масовий випуск інформаційно-вимірювальної системи.

Проектування конкретної ІВС може містити не всі перераховані стадії. Визначення складу стадій з виконання проєкту здійснюється при розробці ТЗ. Необхідність в стадіях ескізного, технічного або робочого проектування слід оцінювати при створенні системи шляхом набору стандартних функціональних блоків, інтерфейсних пристроїв, вимірювально-обчислювальних комплексів. Такий різновид проектування отримав назву *компонувального*.

При компонентному проектуванні можуть бути зайвими стадії розробки ескізного і технічного проєкту, що може різко спростити і скоротити терміни та трудовитрати на здійснення стадії розробки робочого проєкту.

Стадія **«Введення в дію (впровадження)»** включає наступні етапи:

- підготовка об'єкта вимірювань до введення ІВС в дію;
- підготовка персоналу;
- комплектація ІВС виробами (програмними та технічними засобами, програмно-технічними комплексами, інформаційними виробами), що постачаються;
- будівельно-монтажні роботи;
- пусканалагоджувальні роботи;
- проведення попередніх випробувань;
- проведення дослідної експлуатації;
- проведення приймальних випробувань.

На етапі «Підготовка об'єкта вимірювань до введення ІВС в дію» проводяться роботи з організаційної підготовки об'єкта керування до введення ІВС в дію, в тому числі:

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

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

На етапі «Комплектація ІВС виробами, що постачаються» забезпечується:

- отримання комплектуючих виробів серійного й одиничного 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 ІВС;
- спорудження кабельних каналів;
- роботи з монтажу технічних засобів і ліній зв'язку;
- випробування змонтованих технічних засобів;
- задача технічних засобів для проведення пусканалагоджувальних робіт.

На етапі «Пусканалагоджувальні 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 ІВС у відповідності до протоколу випробувань;

- оформлення акту про приймання ІВС в експлуатацію.

На етапі «Проведення дослідної експлуатації» здійснюють:

- дослідну експлуатацію ІВС;
- аналіз результатів дослідної експлуатації ІВС;
- доопрацювання (при необхідності) програмного забезпечення ІВС;
- додаткове налагодження технічних засобів ІВС;
- доопрацювання проєктної 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 ІВС та усунення недоліків, виявлених при випробуваннях;

- оформлення протоколу та звіту про кожний об'єкт випробувань, визначений програмою випробувань;

- оформлення акту про приймання ІВС у постійну (промислову) експлуатацію.

Після затвердження проєкту Замовник повинен виділити кошти для фінансування розробки нестандартного обладнання, придбання технічних засобів, що серійно випускаються, матеріалів тощо. Після їх отримання починається комплектація ІВС.

Монтажні роботи стартують після виготовлення нестандартного устаткування або після отримання основного устаткування у порядку комплектації.

Вартість монтажу ІВС, 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 ІВС за рахунок вживання наступних заходів: складання в проєкті зручного графіка виконання монтажних робіт, своєчасного матеріального забезпечення і скорочення термінів монтажу.

Налагоджувальні роботи починаються після виконання певного об'єму монтажних робіт.

Впровадження ІВС слід починати вже у процесі робочого проєктування, не чекаючи монтажу та налагодження обладнання.

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

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

У складі ІВС можуть бути різноманітні технічні засоби. Налагодження усіх датчиків, дрібних приладів і пуск технічної системи керування в комплексі доцільно доручати спеціалізованим організаціям та фахівцям, які будуть експлуатувати ІВС.

Роль проєктної організації розробкою проєкту не закінчується. Вона зобов'язана надавати технічну допомогу (авторський нагляд) під час виконання решти етапів створення

ІВС – 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 залучати спеціалізовану проектну організацію, яка через свою специфіку виконує проекти ІВС для багатьох підприємств і має необхідний досвід, її поради і рекомендації в процесі здійснення авторського нагляду мають певну цінність для підприємства.

Стадія «Супровід ІВС» 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» здійснюються:

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

Відповідно до нормативних документів, «Стадії та етапи, що виконуються організаціями-учасниками робіт зі створення ІВС, встановлюються у взаємних договорах і в технічному завданні на створення ВС».

Згідно з цим допускається:

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

Крім того, у залежності від специфіки створюваних ІВС 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 проект.

Конкретний склад і правила виконання робіт визначаються у відповідній документації тих організацій, які беруть участь у створенні конкретної ІВС. Роль замовника у визначенні цих правил завжди повинна бути визначальною.

Процес створення ІВС може бути оптимізований за вартістю та/або за часом.

При побудові процесу *за мінімумом витрат* можуть бути продовженими терміни створення ІВС за рахунок виключення та/або поєднання етапів.

При побудові процесу *з мінімальним часом* створення ІВС можуть збільшитися витрати внаслідок переробок, доробок тощо. Рекомендується вибрати проміжний варіант.

Проектування контрольно-вимірювальних приладів (КВП) має ті ж самі складові,

що і проектування всієї інформаційно-вимірювальної системи (див. вище).

Перед проектуванням КВП вивчаються наявні джерела інформації по даній темі. Вивчаються фізичні принципи, схеми і конструкції раніше розроблених приладів аналогічного призначення, оцінюються їхні переваги та недоліки і визначається ступінь їх відповідності технічним вимогам.

Для розробки схеми приладу здійснюється вибір фізичного принципу та типу чутливого елемента і методу перетворення вихідного сигналу чутливого елемента у вихідний сигнал приладу. При цьому визначаються типи необхідних перетворюючих елементів, формуються структурна і принципова схеми приладу.

Далі здійснюють вибір і теоретичне обґрунтування параметрів схеми і конструкції приладу, для чого виконують розрахунки статичних і динамічних характеристик, точності і надійності приладу. При цьому повинно бути доведено, що характеристики приладу, його точність і надійність будуть відповідати вимогам ТЗ.

Якщо в якійсь частині ця умова не виконується, то в ході проектування видозмінюють схему або окремі її елементи для отримання бажаних результатів. Остаточне судження про відповідність параметрів приладу вимогам ТЗ формується за результатами всебічних експериментальних досліджень дослідних зразків приладу.

При конструюванні приладу розробляють загальний вигляд конструкції та проводять необхідні розрахунки деталей і вузлів. Далі здійснюють деталювання і виконують аналіз розмірних ланцюгів, на підставі якого визначають технологічні допуски на точність виготовлення деталей, вимоги до якості оброблюваних поверхонь, до покриттів тощо.

Після цього *оформлюється повний альбом креслень*, що містить загальні види приладу і збиральних одиниць, що входять до нього, електричні монтажні схеми, специфікації і креслення деталей. **Потім складаються технічні умови (ТУ) на прилад і основні його вузли.**

Після виготовлення за кресленнями дослідних зразків останні піддаються всебічним випробуванням з метою визначення відповідності їх параметрів вимогам ТУ і ТЗ.

Найважливішим етапом розробки контрольно-вимірювального приладу є вибір чутливого елемента – вимірювального перетворювача.

Чутливий елемент КВП безпосередньо сприймає вхідну вимірювану величину X і перетворює її у певний вихідний сигнал Y_1 такої ж або іншої фізичної природи, більш зручний для подальших перетворень. У зв'язку з цим, у назву вимірювального приладу часто вводять ознаку, що характеризує фізичний принцип роботи чутливого елемента, наприклад, «термоелектричний термометр».

Вихідний сигнал Y_1 крім вимірюваної величини X також залежить від побічних (дестабілізуючих) факторів z_1, z_2, \dots, z_n . До переліку останніх можуть відноситись характеристики навколишнього середовища, параметри режимів живлення чутливого елемента, лінійні і кутові прискорення, магнітні та електричні поля тощо.

При цьому, вимоги ТЗ по точності і надійності повинні бути реалізовані з найменшими витратами і в мінімальних габаритах. З цією метою порівнюють чутливі елементи за наступними критеріями:

- принципова можливість роботи чутливого елемента в заданому діапазоні вимірювання;
- однозначність характеристики та її стабільність;
- рівень впливу на вихідний сигнал побічних чинників;
- рівень вихідної потужності;
- рівень надійності;
- складність конструкції і габарити.

Зазвичай механічні та електромеханічні чутливі елементи мають рухомі частини, пов'язані з опорами або направляючими. Вихідний сигнал таких елементів схильний до впливу різних шкідливих сил і моментів сил, обумовлених тертям в опорах і направляючих, неврівноваженістю рухомої системи, яка проявляється особливо сильно при лінійних прискореннях і вібраціях.

Звідси випливає, що, якщо порівнюються два чутливих елементи (один електричний, інший – електромеханічний), які забезпечують перетворення сигналів у потрібному діапазоні і володіють близькими параметрами точності та габаритно-ваговими характеристиками, то перевагу слід віддати електричному елементу, оскільки в ньому відсутні рухомі механічні частини (такі як, наприклад, електричні контакти, що ковзають або розриваються).

Інший приклад: вимірювання абсолютного тиску в діапазоні від 6 до 800 бар. Для цього відомі декілька видів чутливих елементів: п'єзорезисторний, тепловий, електронний, газорозрядний, радіоактивний, пружний. При аналізі слід врахувати, що п'єзорезисторний елемент працює в області дуже високих тисків, наступні три елементи – в області дуже низьких тисків. Залишаються для вибору два чутливих елемента, які здатні працювати в заданому діапазоні: радіоактивний елемент – «електричний», і пружний – механічний. Вихідний струм радіоактивного елемента має занадто слабкий сигнал, і його важко виміряти з високою точністю. Отже, у даному випадку найбільш прийнятним стає механічний (пружний) елемент, вихідним сигналом якого може служити одна з двох величин - пружна деформація або сила.

При вирішенні деяких завдань можна зустрітися з випадками, коли відсутні чутливі елементи, що дозволяють здійснити потрібне перетворення, або коли застосування існуючих елементів призводить до занадто грубих або громіздких рішень. У таких випадках можна вдаватися до *методу непрямих вимірювань*, при якому чутливий елемент сприймає не вимірювану величину X , а деяку іншу величину X_1 , пов'язану з X відомою функціональною залежністю:

$$X_1 = f_1(X). \quad (2.3)$$

Вираз (2.3) називають *рівнянням методу вимірювання*. При цьому, чутливий елемент опосередковано перетворює величину X_1 у вихідний сигнал Y_1 :

$$Y_1 = f_2(X_1). \quad (2.4)$$

За рівняннями (2.3) та (2.4) залежність Y_1 від X приймає вигляд:

$$Y_1 = f_2[f_1(X)] = f(X). \quad (2.5)$$

Зустрічаються випадки, коли метод непрямих вимірювань дає залежність вимірюваної величини X не від однієї, а від k незалежних змінних X_1, \dots, X_k , кожна з яких може бути виміряна своїм *чутливим елементом*. Тоді відповідним чином зміниться вид рівняння (2.5).

У найпростішому випадку вихідний сигнал чутливого елемента служить вхідним

сигналом перетворюючого пристрою, але у ряді випадків *датчик* одночасно може стати вимірювальним перетворювачем. Як приклад це має місце у біметалічному термометрі з візуальним відліком за допомогою кутового (лінійного) переміщення стрілочного покажчика або показань цифрового відлікового пристрою.

Однак у більшості вимірювальних приладів доводиться застосовувати додаткові засоби для перетворення вихідного сигналу чутливого елемента в достатнє переміщення стрілочного покажчика або цифровий код управління електронним індикатором.

При цьому може змінюватись рід фізичної величини (наприклад, механічне переміщення – в електричний сигнал), а також масштаб вихідного сигналу та/або функціональна залежність між вхідним і вихідним сигналами.

Для такого перетворення вихідного сигналу чутливого елемента Y_1 у вихідний сигнал Y перетворюючого приладу потрібної форми і масштабу найбільш поширені два методи:

- послідовного перетворення;
- компенсаційний.

У методі *послідовного перетворення* сигнал Y_1 перетворюється на інший сигнал Y_2 , потім сигнал Y_2 перетворюється на Y_3 , і так далі, доки не отримаємо вихідний сигнал Y . Вид і кількість перетворень залежать від типу чутливого елемента і вимог до форми і масштабу вихідного сигналу Y .

В *компенсаційному* методі сигнал Y_1 врівноважується іншим сигналом Y_0 , створеним за допомогою так званого *зворотного перетворювача*. Компенсаційний метод може поєднуватися з методом послідовного перетворення, наприклад, сигнал Y_1 перетворюється в Y_2 , а потім сигнал Y_2 врівноважується сигналом Y_0 зворотного перетворювача.

Різницю між зазначеними методами можна проілюструвати за допомогою *структурної схеми приладу*, яка є відображенням його принципової схеми і дає уявлення про види і порядок фізичних перетворень, здійснюваних цим приладом в процесі вимірювання.

На такій структурній схемі кожен вид перетворення умовно представляється окремою ланкою, яка відображує відповідне елементарне перетворення фізичних величин. При реалізації непрямих вимірювань перетворення, що відповідає даному методу, відображається на структурній схемі у вигляді спеціальної ланки.

Ланки можуть з'єднуватися між собою одним з трьох типових способів: послідовно (рисунок 2.9, *а*), паралельно (рис. 2.9, *б*) і зустрічно-паралельно (рис. 2.9, *в*).

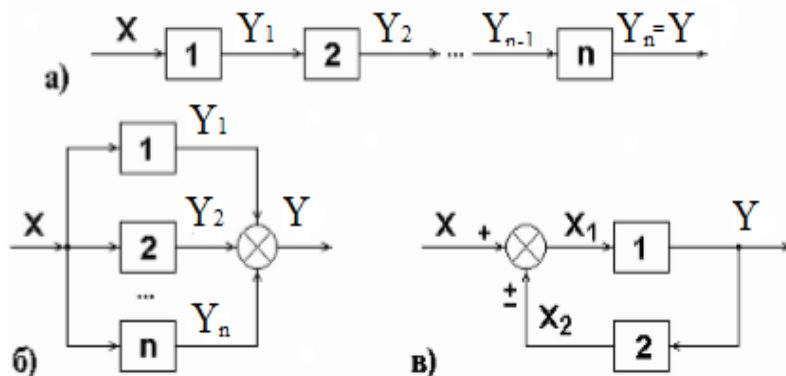


Рисунок 2.9 - Типові з'єднання ланок: *а* - послідовне; *б* - паралельне; *в* - зустрічно-

паралельне; 1, 2, ... n - ланки

Схеми, в яких ланки з'єднані послідовно або паралельно, є *роз'єднаними*; схема із зустрічно-паралельним з'єднанням є замкнутою.

Для зустрічно-паралельного з'єднання (див. рис. 2.9, в) ланку 2, розташовану в зустрічному ланцюзі, називають *зворотним перетворювачем*. Вихідний сигнал X_2 зворотного перетворювача може підсумовуватися з вхідним сигналом X з тим же знаком (що формує *позитивний зворотний зв'язок*) або з протилежним знаком (*негативний зворотний зв'язок*).

Структурна схема приладу може містити різні види з'єднань ланок і бути замкнутою не повністю, а тільки на окремих ділянках.

Наприклад, структурна схема приладу, побудованого за *компенсаційним методом*, що наведена на рисунку 2.10, є замкнутою на ділянці між виходом чутливого елемента Y_1 і виходом приладу Y . На цій схемі ланка 1 відображає чутливий елемент, ланка 2 - *нуль-орган*, ланка 3 - інтегруючий елемент, ланка 4 - зворотний перетворювач. Замикання схеми здійснюється на вході ланки 2 за допомогою *негативного зворотного зв'язку* (вихідний сигнал Y_0 зворотного перетворювача подається на вхід ланки 2 з протилежним знаком).

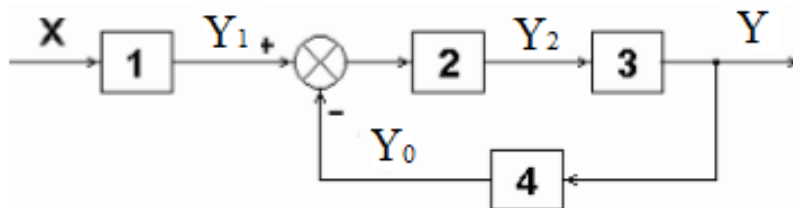


Рисунок 2.10 - Структурна схема приладу, побудованого за компенсаційним методом (пояснення позицій – у тексті)

Нуль-орган 2 виробляє сигнал Y_2 , пропорційний різниці $(Y_1 - Y_0)$ з відповідним знаком, а інтегруючий елемент 3 здійснює інтегрування Y_2 і нарощує вихідний сигнал Y , а разом з ним (через зворотний перетворювач) - і сигнал зворотного зв'язку Y_0 до тих пір, поки різниця $(Y_1 - Y_0)$, в ідеалі, не стане рівною нулю. При цьому, система приходить у стан рівноваги.

Щоб визначити статичну характеристику приладу, необхідно визначити статичні характеристики всіх його ланок. Розрахунок характеристик ланок ведеться на основі аналізу фізичних принципів їх роботи.

Статична характеристика усього вимірювального приладу має вигляд, який аналогічний рівнянням (2.3)...(2.5), що притаманні всій інформаційно-вимірювальній системі.

Справедливим також залишається зауваження щодо впливу зворотного перетворювача при з'єднанні елементів приладу на вид його функції перетворення у порівнянні з функціями перетворення його складових. При цьому, сукупність лінійних елементів у підсумку може дати нелінійну систему.

Порівняння методів *послідовного перетворення* (див. рис. 2.9, а) та *компенсаційного перетворення* (див. рис. 2.10) показує, що перша схема простіша. Однак за допомогою компенсаційного методу можна отримати більш високу точність,

оскільки в умови рівноваги системи входять тільки параметри чутливого елемента «1» і зворотного перетворювача «4», і практично не входять похибки всіх інших елементів. Тому, коли не потрібна дуже висока точність вимірювання, використовують схеми послідовного перетворення і будують прилад за розімкнутою структурою. В точних приладах прагнуть застосовувати компенсаційні схеми.

В процесі проєктування *виконуються технічні та економічні розрахунки*, складаються схеми, графіки, пояснювальні записки, кошториси, калькуляції та описи.

Порядок виконання роботи студентом.

1. Отримує від викладача завдання, в якому визначаються вихідні дані для розробки (в рамках ділової гри) пропозицій щодо «наповнення» ІВС її необхідними складовими, наприклад: «Необхідно розробити конфігурацію ІВС з вимірюванням температури в діапазоні 1100...1350 °С термопарою, встановленою в печі для нагріву металу під гарячу прокатку. Градувальна характеристика термопари лінійна (або нелінійна). ІВС має забезпечити вимірювання температури з її реєстрацією (або управління температурним режимом в печі, або регулювання температурного режиму)».

2. Відображує пункти ТЗ із вказівкою застосованих засобів інформаційно-вимірювальної техніки.

Примітка: наявність варіантності заохочується.

3. Проводить обґрунтування свого вибору та представляє розроблені матеріали у пояснювальній записці.

За допомогою технічної літератури та мережі Internet обирає необхідний вид вимірювального перетворювача (термопари) та вимірювального приладу.

4. Представляє перелік складових ІВС.

5. Обирає, обґрунтовує та представляє відповідну структурну схему елементарної ІВС, користуючись рис. 4, 5 або 6.

6. Обирає, обґрунтовує та представляє відповідну структуру інформаційної взаємодії складових ІВС, користуючись рис. 7.

7. Робить висновки і представляє результати у пояснювальній записці.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють у виші. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань. Обсяг пояснювальної записки – 7...9 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Практична робота № 3.

«Розширення меж вимірювання амперметром та вольтметром (з елементами можливої практичної реалізації)».

Суть розробки: ознайомлення з правилами ввімкнення в електричне коло шунта для амперметра та додаткового опору для вольтметра, визначення необхідних характеристик шунта та додаткового опору для розширення функціональних можливостей спроектованої системи для вимірювань електричних величин.

Предметна сфера розробки: раціональне застосування складових інформаційно-вимірювальної системи при її проектуванні та впровадженні.

Загальні положення [13]

Силу електричного струму вимірюють за допомогою амперметра, який вмикають в електричне коло *послідовно* зі споживачем електричної енергії. Опір амперметра повинен бути у багато разів менший за опір електричного кола, для зменшення впливу цього контрольно-вимірювального приладу на результат вимірювання.

Для вимірювання сили струму, що перевищує значення, на яке розрахований прилад, тобто для розширення меж його вимірювання, *паралельно* амперметру підключають *шунт*, який являє собою звичайний резистор $R_{ш}$ (рисунок 2.11). Шунти за їх конструктивним виконанням та/або розміщенням по відношенню до гальванометра, який є базовим для амперметра, бувають внутрішніми та зовнішніми.

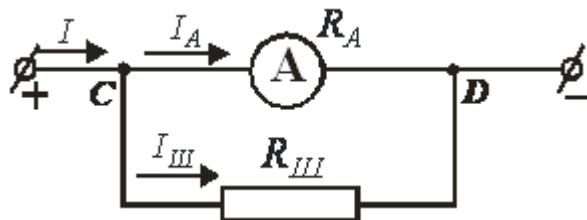


Рисунок 2.11 – Схема увімкнення амперметра та шунта в електричний ланцюг (А – позначення амперметра; R_A - опір амперметра; $R_{ш}$ – опір шунта; I_A , $I_{ш}$, I – електричний струм крізь амперметр, крізь шунт та сумарний відповідно; C , D - точки підключення шунта до амперметра)

Приймемо, що сила струму, який бажано виміряти наявним амперметром, у n разів перевищує струм I_0 , на який розрахований амперметр, тобто:

$$I = n \cdot I_0. \tag{2.6}$$

При цьому, сумарний струм I , який бажано виміряти, дорівнює сумі струмів, які проходять крізь шунт і амперметр: $I = I_A + I_{ш}$.

Врахуємо, що напруга U електричного струму між точками C та D (див. рис. 2.11) однакова для підключених амперметра та шунта. Тоді згідно із Законом Ома для ділянок електричного ланцюга:

$$I = \frac{U}{R} \tag{2.7}$$

виходить:

$$I_0 \cdot R_A = I_{ш} \cdot R_{ш}, \tag{2.8}$$

а з (2.6) з урахуванням (2.7) та (2.8) після простих перетворень отримуємо:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1}. \tag{2.9}$$

Зрозуміло, що при застосуванні стрілочного амперметра ціна поділки його шкали збільшиться відповідним чином у n разів.

Напругу електричного струму вимірюють за допомогою вольтметра, який вмикають в електричне коло *паралельно* споживачу електричної енергії – резистору R (рисунок 2.12).

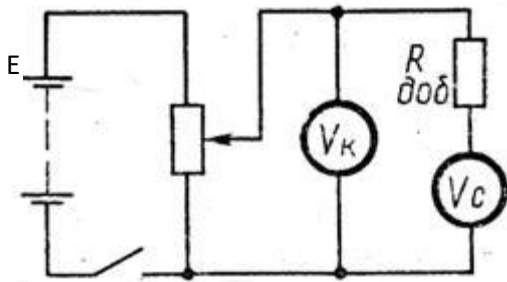


Рисунок 2.12 – Схема увімкнення вольтметра та додаткового опору $R_{доб}$ в електричний ланцюг (V_K – позначення контрольного вольтметра; V_C – досліджуваний вольтметр; E - джерело живлення)

Опір вольтметра R_0 повинен бути у багато разів більший за опір споживача R електричної енергії, щоб не спотворювати результати вимірювань.

Для вимірювання напруги електричного струму, що перевищує значення, на яке розрахований наявний вольтметр, тобто для розширення меж його вимірювання, **послідовно** з вольтметром включають додатковий опір, який є звичайним резистором $R_{доб}$.

Прийемо, що напруга U , яку бажано виміряти, у n разів перевищує напругу U_0 , на яку розрахований вольтметр, тобто:

$$U = n \cdot U_0. \quad (2.10)$$

Для послідовного включення споживачів електричної енергії:

$$E = U_0 + U_{доб}. \quad (2.11)$$

Врахуємо, що струм, який протікає крізь вольтметр та $R_{доб}$, однаковий. Це згідно із законом Ома (2.7) дає:

$$\frac{U_0}{R_0} = \frac{U_{доб}}{R_{доб}}, \quad (2.12)$$

а з (2.10) з урахуванням (2.11) та (2.12) після простих перетворень отримуємо:

$$R_{доб} = (n-1) \cdot R_0. \quad (2.13)$$

Зрозуміло, що при застосуванні стрілочного вольтметра ціна поділки його шкали збільшиться відповідним чином у n разів.

Порядок виконання роботи студентом:

1. Опрацьовує наведені вище теоретичні відомості та готує форму За видом таблиці 2.11 для реєстрації результатів (розрахункових та/або експериментальних).

2. Отримує від викладача міліамперметр та вольтметр з певними діапазонами вимірювань, магазин опорів, джерело живлення на $E=1,5$ В, контрольний амперметр A_K та контрольний V_K вольтметр з діапазонами вимірювання не менше як у 5 разів більшими, ніж у дослідного міліамперметра та вольтметра, а також конкретизацію завдання щодо розширення меж вимірювання міліамперметра та вольтметра у n разів (наприклад, $n=5$), а у разі практичної перевірки результатів розрахунків - з'єднувальні провідники та з'єднувальні клеми.

3. Визначає опір наданих міліамперметра R_A та вольтметра R_0 за паспортними даними.

4. Використовуючи формулу (2.9) розраховує опір шунта для розширення межі вимірювання міліамперметра у n разів.

5. Розраховує величину додаткового опору $R_{доб}$ для розширення межі вимірювання вольтметра у n разів за формулою (2.13).

6. Перераховує шкалу міліамперметра та вольтметра за умов збільшення в n разів ціни поділки їх шкал.

6. Представляє отримані дані за формою таблиці 2.11.

У разі практичної перевірки результатів розрахунків перед початком роботи керівник (викладач) проводить інструктаж з техніки безпеки, в якому представляє наступне.

А ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

A.1 Перед початком роботи необхідно оглянути робоче місце і привести його в порядок, впевнитись, що на ньому відсутні сторонні предмети.

A.2 Усе лабораторне обладнання (установки, огороження, запобіжні пристрої) повинні бути ретельно оглянуті та перевірені відповідальними за проведення конкретної лабораторної роботи.

A.3 При наявності будь-яких несправностей, вони повинні бути усунуті до початку проведення лабораторних робіт.

A.4 Перш ніж починати роботу з електроприладами необхідно уважно вивчити інструкцію по експлуатації даного електроприладу.

A.5 При роботі з електроприладами треба дотримуватись цієї інструкції та інструкції з їх експлуатації.

A.6 Слід перевірити справність заземлення на лабораторних установках, які мають живлення від електричної мережі університету.

A.7 Електроприлади встановлюються тільки на стабільну поверхню в сухому приміщенні на відстані від приладів опалення та металевих комунікацій, які заземлені.

A.8 Перевірити справність пускових пристроїв та підключень приладів та оснащення до електричної мережі живлення.

A.9 При проведенні лабораторних робіт, пов'язаних з використанням освітлювальних або нагрівальних пристроїв необхідно перевірити їх на відсутність перегріву; при наявності неприємного запаху виключити пристрій і повідомити керівника роботи (викладача).

A.10 Електроприлади встановлювати тільки на стабільну поверхню в сухому приміщенні на відстані від приладів опалення та металевих комунікацій, які заземлені.

A.11 Перевірити установку вимірювальних приладів на «0».

A.12 Перед початком роботи необхідно пересвідчитись у справному стані електроприладів, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок та розеток, наявності заземлення.

A.13 Електроприлади вмикають тільки в електромережу змінного струму напругою 220 В.

A.14 Користуватись несправним устаткуванням або використовувати його не за прямим призначенням забороняється.

A.15 При виявленні будь-яких недоліків у стані обладнання необхідно доповісти керівнику структурного підрозділу або відповідальній особі.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ: вмикання лабораторних установок без відома викладача (керівника) **ЗАБОРОНЕНО.**

Б ВИМОГИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Б.1 У будь-який момент виконання роботи при сигналі «Повітряна тривога» виключити все обладнання, електричне освітлення та під керівництвом викладача (керівника) організовано спуститися до укриття. Перебувати в укритті до закінчення тривоги.

Б.2 При включенні приладів необхідно проконтролювати відповідну індикацію.

Б.3 Під час роботи не можна:

- піддавати прилади впливу дощу чи іншої вологи;*
- самостійно проводити їх розбирання чи ремонт;*
- блокувати вентиляційні отвори;*
- кидати електроприлади з висоти;*
- встановлювати на електроприлади сторонні предмети;*
- вмикати або вимикати електроприлади вологими руками.*

Б.4 Якщо всередину електроприладу потрапила рідина чи сторонні предмети, його треба негайно вимкнути та віддати на перевірку до спеціаліста з ремонту.

Б.5 ЗАБОРОНЕНО:

Б.5.1 виконувати будь який ремонт включених приладів та оснащення;

Б.5.2 торкатися руками до деталей, які рухаються.

Б.6 ЗАБОРОНЕНО будь яке гальмування (руками чи сторонніми предметами) механізмів, які обертаються.

Б.7 ЗАБОРОНЕНО студентам поза межами виконуваної лабораторної роботи пересуватись по лабораторії, підходити до працюючих машин, відволікати працюючих розмовами, торкатися руками до електропроводки, рубильників, автоматів тощо.

Б.8 У разі раптового припинення подачі електроенергії необхідно працюючу установку відключити від живлення та повідомити про це керівника (викладача).

Б.9 Необхідно негайно відключити прилади та оснащення: при перегріві вище нормально допустимого, появи сторонніх звуків та або запахів, порушені нормального живлення тощо та повідомити про це керівника (викладача).

Б.10 ЗАБОРОНЕНО торкатися до розігрітих частин лабораторних установок.

В ВИМОГИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЗАКІНЧЕННІ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

В.1 Вимкнути джерело живлення лабораторних та електричних установок та від'єднати їх від електромережі.

3.2 Виймаючи штепсельну вилку з розетки ні в якому разі не можна тягнути за шнур, тільки за вилку.

В.3 Дати можливість охолонути розігрітим частинам приладів та оснащення.

В.4 Необхідно прибрати своє робоче місце та привести у порядок лабораторну установку.

В.5 Прибрати робоче місце та при необхідності вимити руки з милом.

Доповісти викладачу про закінчення проведеної роботи на даній установці.

ПРИМІТКА:

Якщо в процесі роботи були помічені недоліки в роботі лабораторної установки або електрообладнання, необхідно доповісти керівнику підрозділу або відповідальній особі.

Таблиця 2.11 – форма представлення результатів розрахунків з розширення меж вимірювання амперметром та вольтметром

Застосування амперметра							
Тип	Діапазон за шкалою	Ціна поділки шкали	R_A	n	$R_{ш}$	Діапазон вимірювань із шунтом	Ціна поділки шкали із шунтом
Застосування вольтметра							
Тип	Діапазон за шкалою	Ціна поділки шкали	R_0	n	$R_{доб}$	Діапазон вимірювань з додатковим опором	Ціна поділки шкали з додатковим опором

8. Збирає електричне коло за схемою на рисунку 2.13 з шунтом $R_{ш}$, який згідно з попередніми розрахунками, забезпечується магазином опорів.

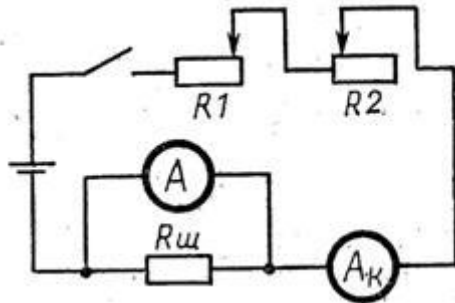


Рисунок 2.13 – Схема контролю працездатності розрахованого шунта: $R1$ – реостат; $R2$ - резистор, який умовно представляє собою споживача електричної енергії; A – досліджуваний міліамперметр; A_k – контрольний амперметр

9. Збирає електричне коло за схемою на рисунку 2.12 з додатковим опором, який згідно з попередніми розрахунками, забезпечується магазином опорів.

10. Змінюючи за допомогою реостату силу струму в колі, спостерігає як змінюватимуться покази контрольних та досліджуваних приладів (шунтованого міліамперметра та вольтметра з додатковим опором). Виконує 3...5 вимірювань з використанням кожної схеми та записує результати показань дослідних та контрольних приладів, порівнюючи їх між собою. Розраховує абсолютну похибку міліамперметра з шунтом та вольтметра з додатковим опором.

Увага! Забороняється виводити на «0» реостати повністю, оскільки це може зумовити коротке замикання і псування приладів!

11. Оформлює результати у пояснювальній записці, наводячи додатково дані щодо:

- фізичного змісту сили електричного струму, напруги та опору з одиницями їх вимірювання в СІ;
- особливостей ввімкнення амперметра та вольтметра в електричне коло та відзначаючи, що являє собою шунт та додатковий опір та особливості їх приєднання до відповідних контрольно-вимірювальних приладів.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють у виші. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 5...8 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

3 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА (Практична робота № 4)

Використання CASE - засобу VPwin для побудови діаграм IDEF0 та IDEF3.

Суть розробки: ознайомлення із CASE-засобом VPwin та правилами побудови діаграм IDEF0 та IDEF3 з при проектуванні інформаційно-виміральної системи.

Предметна сфера розробки: проектування засобів інформаційно-виміральної техніки.

Загальні положення (на додачу до матеріалів аналогічного підрозділу Практичної роботи № 2).

Процес сучасного проектування в техніці є майже повністю автоматизованим, що зумовлює економію часу і підвищення якості проекту.

Автоматизоване проектування (Computer-Aided Design – CAD-проектування) є технологією, яка полягає у використанні комп'ютерних систем для полегшення створення, зміни, аналізу та оптимізації проектів [17]. Будь-яка програма, що працює з комп'ютерною графікою, так само, як і будь-який додаток, що використовується в інженерних розрахунках, належить до систем автоматизованого проектування.

Найголовніша функція CAD – визначення будови об'єкту (рамок, конструкції, деталей механізму, архітектурних елементів, електронних схем тощо), оскільки це визначає всі етапи життєвого циклу продукту. Таку мету зазвичай досягають, використовуючи системи розробки робочих креслень і моделювання.

Для розв'язання вказаних та багатьох інших завдань застосовують спеціальні комп'ютерні програмні продукти, відомі як Computer Aided Software Engineering, або CASE-технології. Вони дозволяють детально проаналізувати всі зв'язки у системі, розробити і проаналізувати моделі вирішення проблем, використати ці моделі для прийняття конкретних рішень.

Одним з напрямків цих технологій є методологія структурного аналізу та проектування: Structured Analysis and Design Technique, або SADT-технологія, яка спрямована і дозволяє моделювати складні системи. Вона базується на ієрархічному поділі системи на підсистеми та процеси. Це допомагає краще зрозуміти її структуру та функціонування.

Характерними рисами вказаної методології є [14]:

- *чітка графічна «мова»*, що має універсальний характер при описі систем штучного і природного характеру; технічних та організаційних систем;

- *використання комп'ютерної техніки*, що дає зменшення затрат праці на проведення аналізу, прискорює його виконання, забезпечує можливість працювати з великими обсягами інформації, накопичувати, зберігати і розповсюджувати одержані результати;

- *стандартизація* на рівні ISO та ІЕС, що дозволяє подолати різноманітність підходів з вирішення проблем системного аналізу, розуміти і використовувати вказану

методологію спеціалістами різних наукових напрямків, керівниками та рядовими виконавцями, знаходити порозуміння між спеціалістами різних країн;

- *регламентація усіх етапів виконання аналізу* – від постановки проблеми до кінцевого продукту та його впровадження у практичну діяльність, що забезпечує достовірність, надійність та наукову обґрунтованість результатів, можливість їх відтворення.

При цьому дотримуються наступних принципів:

- *«поділяй і володай»* - відображує принцип застосування декомпозиції, з наступними етапами синтезу (конструювання), аналізу та отримання раціонального результату. При цьому, складні проблеми вирішуються шляхом розбиття їх на множину менших незалежних завдань, які легші для розуміння та розв'язання;

- *ієрархічне впорядкування* - принцип організації складових частин проблеми в ієрархічні деревоподібні структури з внесенням потрібних деталей на кожному рівні.

- *абстрагування*, що полягає у виділенні суттєвих аспектів системи і тимчасовому нехтуванні іншими, несуттєвими в рамках завдання, що розглядається і вирішується;

- *формалізація*, що полягає в необхідності чіткого методичного підходу до вирішення проблеми, встановлення і дотримання формальних правил на всіх етапах виконання аналізу;

- *узгодженість* – полягає в обґрунтованості урахування розгляду та узгодженості елементів;

- *структурування даних*, яке полягає в тому, що усі дані повинні бути структуровані й ієрархічно організовані.

- *стандартизація підходів* – уніфікація процесів для кращої сумісності та ефективності.

Абревіатура **IDEF** є похідною від **ICAM-DEFinition**.

Будь-яка **SADT**-модель вимагає точного визначення границь системи, цілей проектування, точки зору, контексту розгляду системи [14].

SADT-моделі будують за принципом декомпозиції «голови», тобто – з верхнього рівня. Внаслідок цього, діаграми нижчого рівня є деталізованими діаграмами верхнього рівня. Кінцевий результат – це ієрархічна структура всіх діаграм. **Моделі систем, що об'єднують SADT-технології, можна розділити на дві великі групи**, а саме:

– *функціональні моделі*, головну роль в яких відіграють *функції*, які виконуються певними частинами системи, а об'єкти системи служать інтерфейсами (зв'язками), які об'єднують ці функції;

– *моделі даних, які орієнтовані на відображення об'єктів* (їх часто називають «даними»), що входять в систему). Зв'язками між ними служать певні функції.

Моделі даних є ніби дзеркальним відображенням функціональних моделей.

Функціональні моделі відомі під позначенням «**IDEF0**-моделі», а моделі даних – **IDEF1**.

На рисунку 3.1) схематично представлений зв'язок складових **SADT**-технології [14].

Побудова SADT-моделі розпочинається з найпростішого представлення всієї системи у вигляді – одного («батьківського») блока і дуг, що показують зв'язки системи з її зовнішнім середовищем.

Оскільки цей єдиний блок представляє всю систему як одне ціле, у його середині

вказують ім'я, яке, є загальним і відноситься до всієї системи. Вхідні й вихідні дуги (зв'язки, стрілки) також загальні і дають повний набір зовнішніх зв'язків системи в цілому.

Потім «батьківський» блок, що представляє систему як цілісний об'єкт, деталізується на другій діаграмі за допомогою декількох блоків, з'єднаних інтерфейсними дугами (зв'язками, стрілками). Ці «дочірні» блоки представляють основні підфункції головної, об'єднаної функції. Така декомпозиція повинна виявити повний набір підфункцій, кожна з яких представлена як окремий блок, а границі «дочірнього» блока визначені інтерфейсними дугами (стрілками) між цими блоками. Кожна з вказаних підфункцій аналогічним чином може бути піддана подальшій декомпозиції для більш детального представлення.

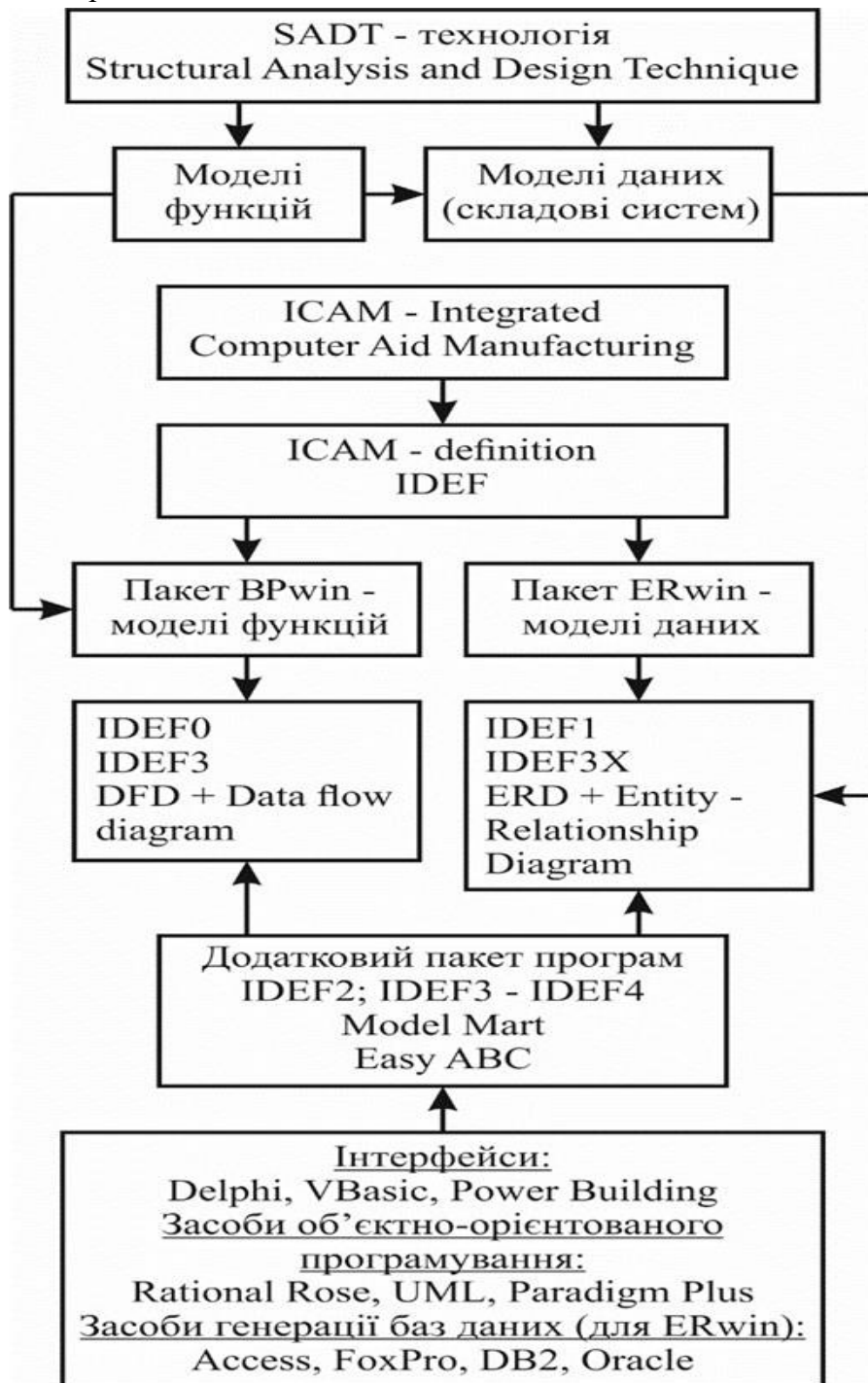


Рисунок 3.1 – Складові SADT-технології

У всіх випадках кожна дочірня підфункція може містити тільки ті елементи, що входять до об'єднаної, батьківської функції. Крім цього, в моделі не можуть бути пропущені будь-які елементи, тобто «батьківський» блок і його інтерфейси повинні забезпечити повний загальний опис блоків декомпозиції («дочірніх» блоків). До нього не можна нічого додавати і з нього вилучати.

3.1 Використання CASE - засобу VPwin для побудови діаграм IDEF0.

Як правило, моделювання засобами *IDEF0* є першим етапом передпроектного дослідження будь-якої системи [14].

Розгляд системи зумовле аналіз її оточення (зовнішнього середовища) з його характеристиками, в рамках якого система розглядається.

Під час аналізу систем, які вже існують, а не проєктуються, найбільш часто функціональну декомпозицію виконують на основі реальної структурної схеми системи. Функціональні блоки не обов'язково повинні відповідати структурним одиницям системи, оскільки кожна структурна одиниця може виконувати декілька функцій, або одну функцію можуть здійснювати декілька підсистем. Тому допускається представляти функціональну декомпозицію незалежно від структурної схеми системи, а орієнтуватись тільки на функції, які повинна виконувати кожна підсистема.

При цьому, у першу чергу, визначають функції окремих підсистем і зіставляють їх з відповідними функціональними блоками.

Для систем, які проєктуються, функціональну декомпозицію виконують *перед* розробкою структурної схеми, а структурну схему розробляють вже на основі функціональної моделі.

Виділеним функціональним блокам системи слід присвоїти імена відповідно до їх функцій. Результати функціональної декомпозиції, виконаної на початку побудови моделі, бажано зобразити на папері у вигляді «дерева зв'язків».

Наступним кроком підготовки до побудови функціональної моделі є визначення всіх вхідних і вихідних величин функціональних блоків-робіт (згідно з прийнятою термінологією). Тут треба розглянути параметри, що поступають у кожний блок та виходять з нього, а саме визначити: які величини є вхідними, які – результатами діяльності, та які забезпечують умови виконання функцій кожним блоком.

Слід мати на увазі, що крім технологічних операцій, вказаних у найменуванні кожного функціонального блоку, повинні відображатися й операції інформаційного характеру та керуючі дії, тобто кожен функціональний блок повинен мати вхід по керуванню.

Після цього приступають до побудови функціональної моделі.

У функціональній діаграмі *IDEF0* для графічного представлення (моделювання) усієї системи («батьківського» процесу) використовується *контекстна діаграма* (рисунок 3.2) [14].



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд контекстної діаграми IDEF0 [14]

Як видно, контекстна діаграма зображується «чорною скринєю» – прямокутником з позначенням вхідних й вихідних величин. У прямокутнику вказується не назва системи та засіб переробки ресурсів, а її *основна функція (ціль системи)*. Входи і виходи контекстної діаграми розподілені по чотирьох сторонах прямокутника. Призначення цих сторін таке:

- ліва сторона відповідає основним входам системи («*input*»), тобто величинам, які поступають до системи і переробляються нею у вихідні величини.: характеристики якості системи, потреби та заявки споживачів, інформація щодо ринку, закуплені товари, рекламації тощо;

- верхня сторона відповідає входам з керування («*control*»), тобто різним керуючим діям, Це можуть бути вимоги Технічного завдання на розроблення, команд, стратегії поведінки, процедури, стандарти, документам, що регламентують виконання роботи тощо. Ці величини *не змінюються*, а служать тільки для керування;

- права сторона відповідає виходам системи («*output*»): продуктам її діяльності, результатам перетворення вхідних величин. Це можуть бути: поєкт, товар, задоволеність споживачів, оплата товарів (послуг), розроблені документи, шкідливі виділення, відходи і т.д.;

- нижня сторона відповідає механізмам («*mechanism*»), а саме: засобам, ресурсам, за допомогою яких виконується вказана в прямокутнику функція.

Суттєвою особливістю методології IDEF0 є її акцент на підпорядкованості об'єктів. При цьому розглядаються *логічні зв'язки між роботами*, а не їх послідовність у часі. Опис усієї системи поступово деталізується до необхідного рівня, а сукупність функціональних діаграм, які є деталізацією контекстної діаграми, складає функціональну модель.

Для цього спочатку функція системи в цілому (ціль, призначення, головне завдання) розбивається на декілька окремих функцій (завдань, робіт, цілей). Таких функцій рекомендується визначати від 2 до 6. Ці функції (їх інколи називають *роботами* – «*activities*») зображують на окремому аркуші декомпозиції у вигляді функціональних блоків (модулів). Кожен функціональний блок (модуль, робота) зображується прямокутником. Сторони прямокутників-робіт (функціональних блоків) мають таке ж призначення, що й розглянуті вище сторони контекстної діаграми. З точки зору «системного підходу», вони, певною мірою, є «елементами системи».

Між окремими функціональними блоками встановлюють зв'язки, що відповідають логіці функціонування системи. Ці зв'язки між функціональними блоками зображуються стрілками – «*Arrows*» (часто їх називають «*дугами*»).

У моделі IDEF0 використовують п'ять типів зв'язків між функціональними блоками. Кожному з них відповідає певне розміщення дуг відносно блоків (рисунок 3.3).

Для чіткішого розуміння процесу кожна дуга зі стрілкою має належати до певного виду ресурсів: документи, інформація, матеріали, персонал, фінанси і т.п. Відсутність необхідних стрілок сприймається моделлю, як похибка.

Кожна дуга (стрілка) відповідає передачі від блоку до блоку якогось конкретного ресурсу (предмета, речовини, документа, а інколи – усного розпорядження) чи їх сукупності. Дуги можуть розгалужуватись і зливатись, як це показано рисунку 3.4 [14].

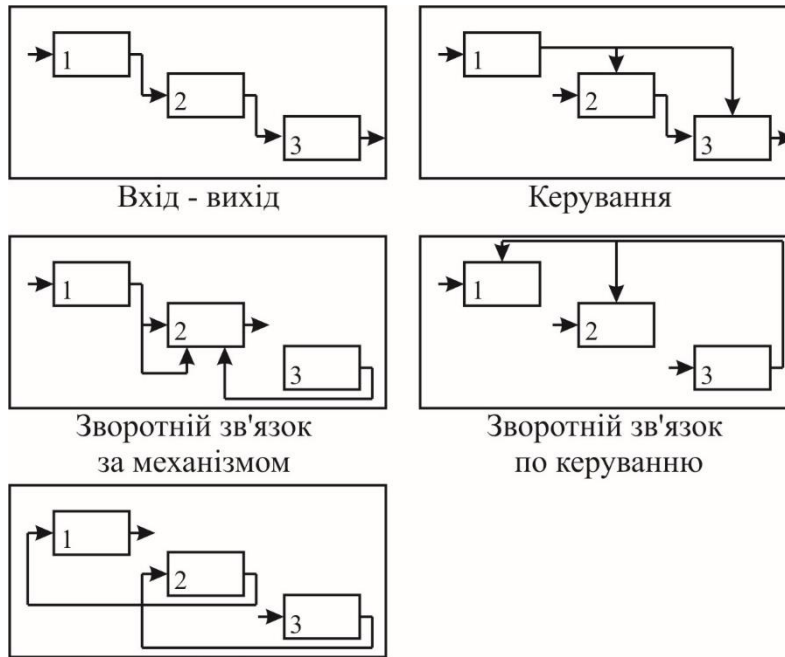


Рисунок 3.3 – Типи зв'язків блоків функціональної моделі IDEF0 [14]

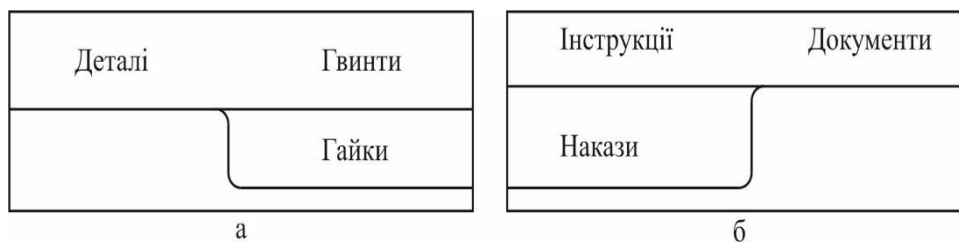


Рисунок 3.4 – Приклади зображення розгалуження (а) і злиття (б) дуг [14]

Встановлення міток дуг, присвоєння їм назви і опис об'єктів, яким вони відповідають, повинні задовольняти певним правилам:

- дотримуються «принципу сторони»: стрілка *входу* приходиться завжди в ліву кромку активності; найбільш важливу функцію розміщують у верхньому лівому куті прямокутника; стрілка *управління* – у верхню кромку; стрілка *механізму* – у нижню кромку; стрілка *виходу* – виходить з правої кромки;

- при відображенні «виконання робіт» враховують основні засоби, інструменти, персонал, програмні продукти тощо;

- до управлінських дій з порядку виконання робіт, які відображають стрілками, що торкаються відповідного блоку, відносять, зокрема, самі дії та ведення документації.

Кожному документу може привласнюватись (мітка-код), наприклад, «первинна документація» – ПД, «планова документація» – ПЛ, «аналітична документація» – АН, «звітна документація» – ЗТ, «нормативна документація» – НД тощо;

- *усі дуги повинні мати імена*. При присвоєнні такого імені вказують опис об'єктів, яким вона відповідає. *Імена дугам присвоюють у місцях встановлених міток*;

- після розгалуження, відповідній частині дузі можна присвоювати або не присвоювати нове ім'я;

- якщо після розгалуження дуга містить частину об'єктів, то вона має бути пойменована, і повинен бути вказаний (чи зрозумілий з назви) перелік об'єктів, яким вона відповідає (див. рис. 3.4);

- після злиття дуга обов'язково повинна бути пойменована (див. рис. 3.4);

- на функціональних діаграмах (діаграмах декомпозиції) для спрощення допускається *тунелювання дуг* – це умовне позначення дуг без безпосереднього нанесення їх на діаграму.

Тунелювання - це умовне представлення дуг без безпосереднього нанесення їх на діаграму. Тунелювання має на меті спростити зображення діаграм і облегшити їх читання. Дійсно, якщо діаграма декомпозиції має, наприклад, 6 функціональних блоків, і кожен блок має по декілька дуг з різних сторін, то ці дуги можуть так переплітатись, що читати діаграму буде важко.

Тунелювання дозволяється виконувати тільки для другорядних дуг.

Дуги, що виходять з «батьківської» діаграми і відносяться до усіх блоків дочірньої діаграми, можуть не зображатися. Позначення такої дуги біля виходу з батьківської діаграми береться в дужки («*тунелюється*») і в подальших діаграмах не вказується. Таке позначення називають «*не в дочірній діаграмі*».

Тунелювання може бути і таким, що дуга не вказується у «батьківській» діаграмі, а з'являється у «дочірній». Така дуга позначається дужками біля входу до відповідного блоку, що означає «*не на батьківській діаграмі*».

Для однозначності сприйняття вказаних позначок існують словники, які допомагають розробнику надати адекватний сенс, що вкладається ним у певну «активність» (роботу) або дугу (стрілку).

Під час класифікації *вхідних* величин інколи важко визначити, куди їх віднести: до «входу» чи до «керування». Тут користуються таким правилом: якщо дана величина у блоці перетворюється в одну чи декілька *вихідних* величин, то її вважають *вхідною*; якщо вона використовується, але безпосередньо не перетворюється в жодну з вихідних величин і не змінюється, то її відносять до «керування» (інколи – до «механізму»).

Кожен блок повинен мати принаймні одну керуючу і одну вихідну величину. Зрозуміло, що блок, який не має вихідної величини, на діаграмі не повинен бути (це «робота», яка не дає ніякого результату).

Приклад фрагменту моделі зі зворотнім зв'язком по керуванню показаний на рисунку 3.5.

«Читати» таку модель треба наступним чином [14].

«Проектування складається з двох етапів, а саме, з розробки проекту та його експертизи. Блок «Розробка проекту» є пріоритетною і розміщується в лівому верхньому куті діаграми. Вона має номер 1.

Розробка проекту виконується архітектором, що показано відповідною дугою

механізму «Архітектор». Вона має номер 2.

Вхідною величиною блоку «Розробка проекту» є завдання на проектування, показане вхідною дугою «Завдання». Обмеження на розробку обумовлені системними вимогами, показаними вхідною дугою «Системні вимоги» та рекомендаціями експертизи «Рекомендації». Результатом розробки є сам проект, показаний на діаграмі вихідною дугою «Проект».

Розроблений проект проходить експертизу. Він є вхідною величиною блока 2 «Експертиза». Експертизу виконують експерти, які керуються системними вимогами і завданням на проектування. Між експертами і архітектором існує зворотній зв'язок, який полягає в тому, що експерти видають рекомендації для покращання проекту.

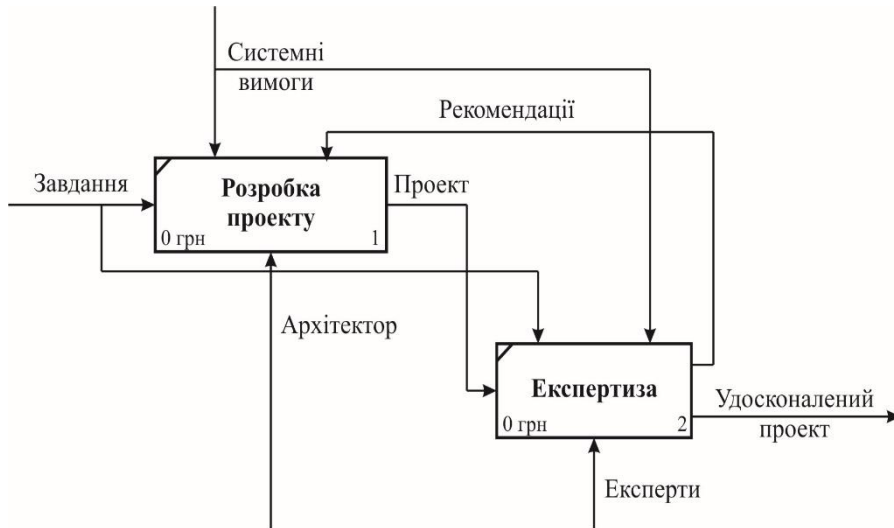


Рисунок 3.5 – Приклад відображення зворотного зв'язку по керуванню на фрагменті функціональної діаграми в IDEF0 [14]

Це показано дугою зворотного зв'язку «Рекомендації», яка є вихідною для блоку 2 і дугою керування блоку 1. Відповідно до рекомендацій експертів проект покращується, і при його достатній якості експерти видають його замовнику, що показано вихідною дугою «Удосконалений проект».

Функціональна модель «за допомогою олівця» будується на декількох сторінках і роздруковується на аркушах паперу. На першому аркуші будують контекстну діаграму, на другому аркуші – діаграму декомпозиції контекстної діаграми, на наступних аркушах – діаграми декомпозиції кожного функціонального блоку. Таким чином, уся модель складається з ряду діаграм декомпозиції функціональних блоків. Крім діаграм декомпозиції, до складу моделі може також входити діаграма вузлів функціональної моделі, окремі діаграми, які мають назву діаграм для експозиції (позначаються FEO-діаграми), звіти по всій моделі, по стрілках, по блоках, по функціонально-вартісному аналізу та інші документи. Усі документи оформляють за певними правилами, нумерують та об'єднують в один документ.

Кожна діаграма функціональної моделі системи повинна мати позначення. Система позначень є наступною. Сама контекстна діаграма позначається А-0. Декомпозиція контекстної діаграми (діаграма першого рівня декомпозиції) – А0, декомпозиція функціональних блоків діаграми першого рівня – А1, А2, А3, ..., декомпозиція блоків

діаграми A1–двома цифрами A11, A12, A13, ..., блоків діаграми A2-двома цифрами A21, A22, A23,і т.д. Наступні діаграми декомпозиції позначаються літерою A з трьома цифрами, подальші (якщо вони є) – з чотирма цифрами і т.д. Проте більшість моделей обмежується діаграмами 3...4 рівня, оскільки дерево декомпозиції стає великим у глибину, і модель стає занадто складною. Для великих організаційних систем модель може включати сотні або тисячі аркушів.

У разі необхідності щодо опрацювання моделей, які мають багато діаграм на різних рівнях декомпозиції, їх розбивають на ряд менш складних моделей і розглядають самостійно.

На практиці для побудови діаграми IDEF0 використовують CASE - засіб VPwin (див. рис. 3.1).

Для початку виконання такого завдання треба на комп'ютері запустити програму VPwin. Зробити це можна відкривши вже збережений проект, або перейти до папки де встановлено вказаний застосунок та відкрити файл \AllFusion Process Modeler r7\binaries\AFPM70. Після його запуску автоматично відкриється діалогове вікно «**I would like to**» (рисунок 3.6). Якщо оператор використовує вже існуючий проект, треба обрати **File > New**):

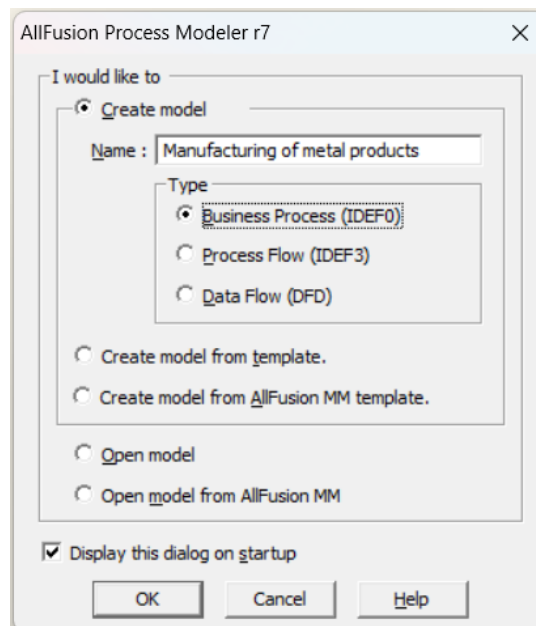


Рисунок 3.6 – Вигляд діалогового вікна «**I would like to**» файлу \AllFusion Process Modeler r7\binaries\AFPM70

Далі, у текстове поле **Name** слід додати ім'я моделі. Наприклад, замість показаного на рис. 3.6 “Manufacturing of metal products”, обрати «Business Process (IDEF0)» і натиснути **OK**.

У діалоговому вікні що відкрилось «**Properties for New Models**» (рисунок 3.7) слід замість «Oleg» вказати Прізвище розробника-автора, його ініціали («замість O.B.») та натиснути **OK**.

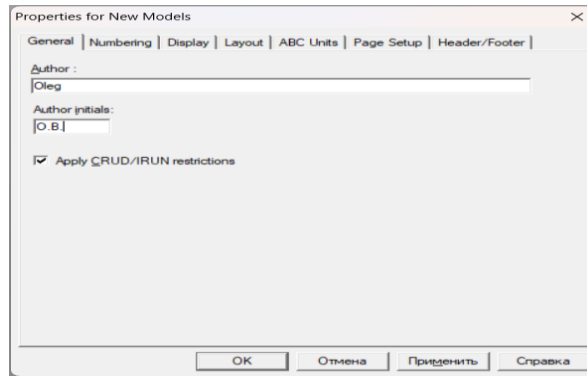


Рисунок 3.7 – вигляд діалогового вікна **Properties for New Models**”

Як наслідок, автоматично буде створена контекстна діаграма

Використовуючи меню «**Model > Model Properties**» (Рисунок 3.8) можна відкрити діалогове вікно **Model Properties** для внесення додаткових даних щодо моделі, таких як **Purpose** («мета»)/**Viewpoint** («Точка огляду»)/**Source/Definition/Scope** «Джерело»/ **Визначення**»/ «**Сфера застосування**» та налаштувати загальний вигляд моделі:

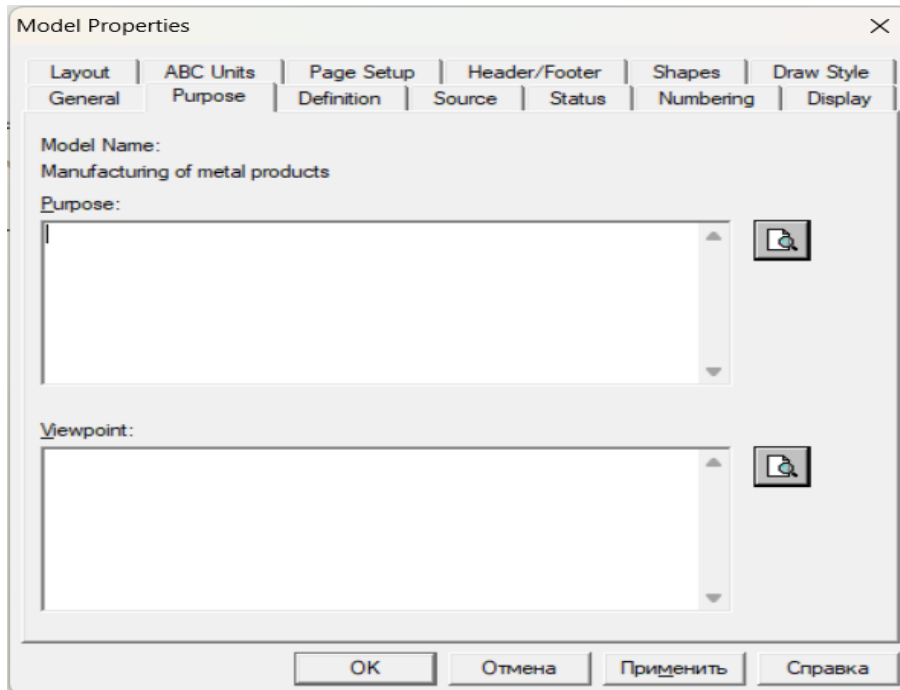


Рисунок 3.8 – Вигляд діалогового вікна «**Model Properties**»

Для продовження роботи з проектом, необхідно у діалоговому вікні на рисунку 3.9 натиснути правою кнопкою миші на прямокутник (справа), після чого обрати **Name** у випадаючому меню та вказати назву основного функціонального блоку, яка відображає основну функцію цієї системи (на рис. 3.9 показано: «Rolling»):

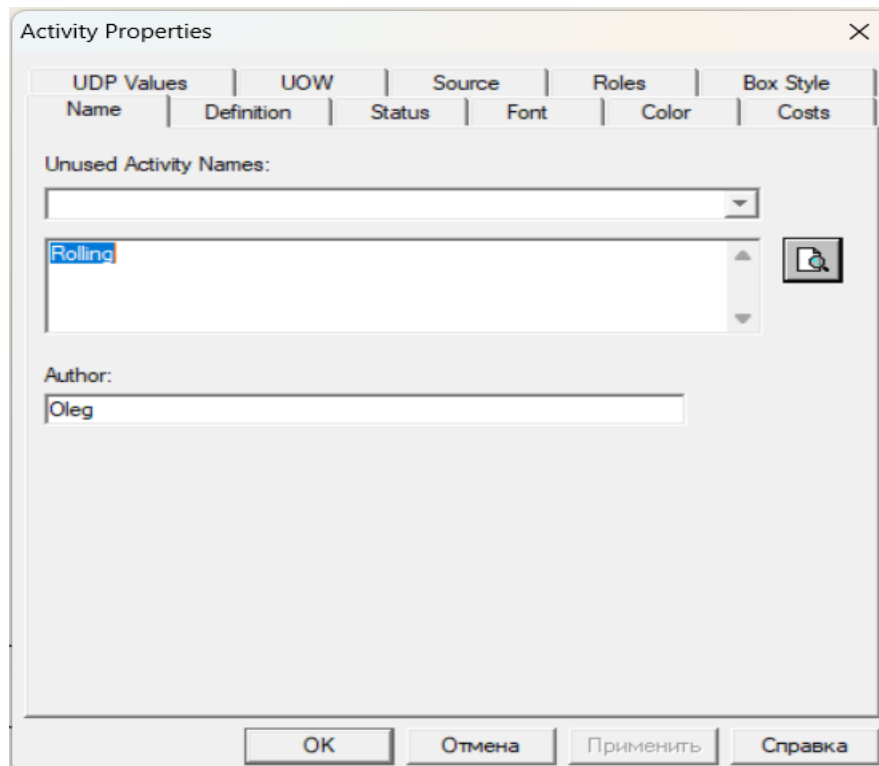


Рисунок 3.9 – Вигляд діалогового вікна Activity Properties

Далі, слід додати стрілки які описують *Input* («Вхід»)/ *Output* «Вихід» / *Mechanism* «Механізм»/ *Control* «Управління» моделі. Для цього у верхній частині екрану необхідно обрати «**Precedence Arrow Tool**» («Пріоритетні інструменти») (рисунок 3.10:

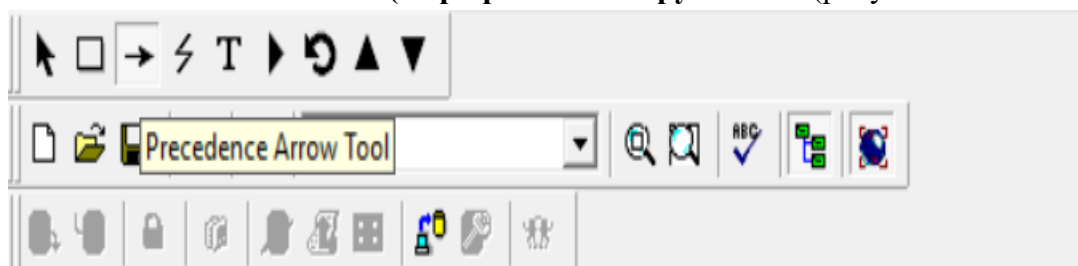


Рисунок 3.10 – Вигляд діалогового вікна для вибору стрілок (дуг)

Потім натискаючи на відповідну сторону креслення потрібно провести стрілки до та від прямокутника, який знаходиться в центрі. Подвійне клацання лівою кнопкою миші дозволяє задати назву для опису стрілки, наприклад, як на рисунку 3.11.

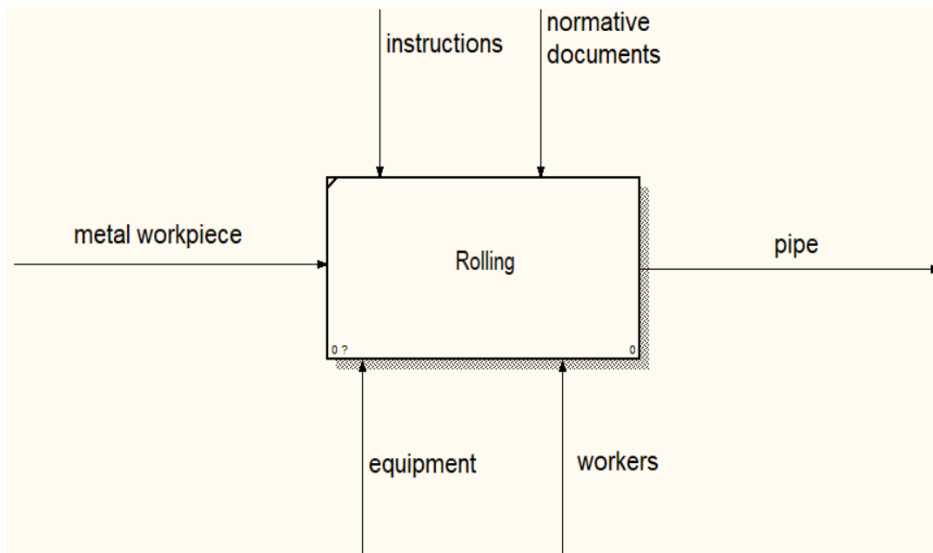
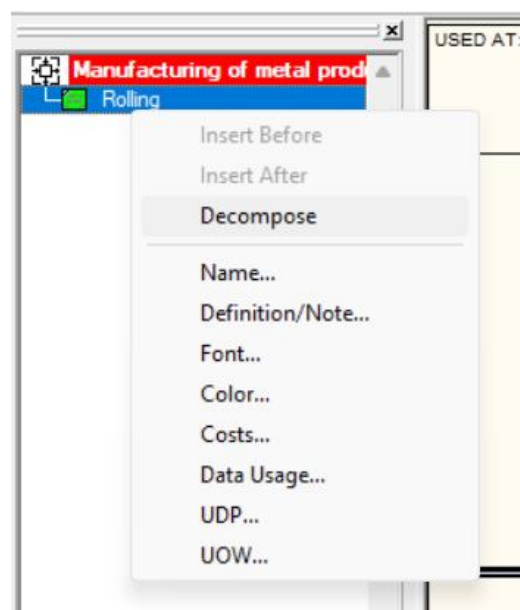


Рисунок 3.11 – Вигляд вікна при визначенні назви стрілки

Для того, щоб виконати перший крок декомпозиції контекстної діаграми, для переходу до головної функціональної діаграми (A0) необхідно натиснути стрілку «донизу» – «**Go to Child Diagram**» в основному меню, яке знаходиться зверху екрана (рисунок 3.12) *або* обрати «**Decompose**» натиснувши правою кнопкою миші на зображенні контекстної діаграми в «**Model Explorer**»(див. рис. 3.12)



Рисунок 3.12 – Перехід до декомпозиції A0 через “Child Diagram”



У вікні «**Activity Box Count**», що відкрилось, з випадаючого списку можна обрати необхідну кількість блоків, які будуть описувати функціональність головної діаграми (рисунок 3.13)

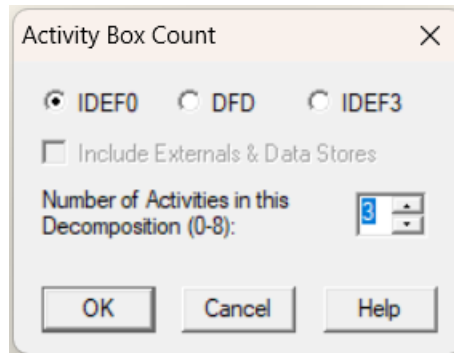


Рисунок 3.13 – вибір кількості блоків, що будуть описувати функціональність головної діаграми.

Кожному зі створених блоків необхідно надати імя: «**Name**», визначення: «**Definition**» і статус: «**Status**», як на рисунку 3.14)

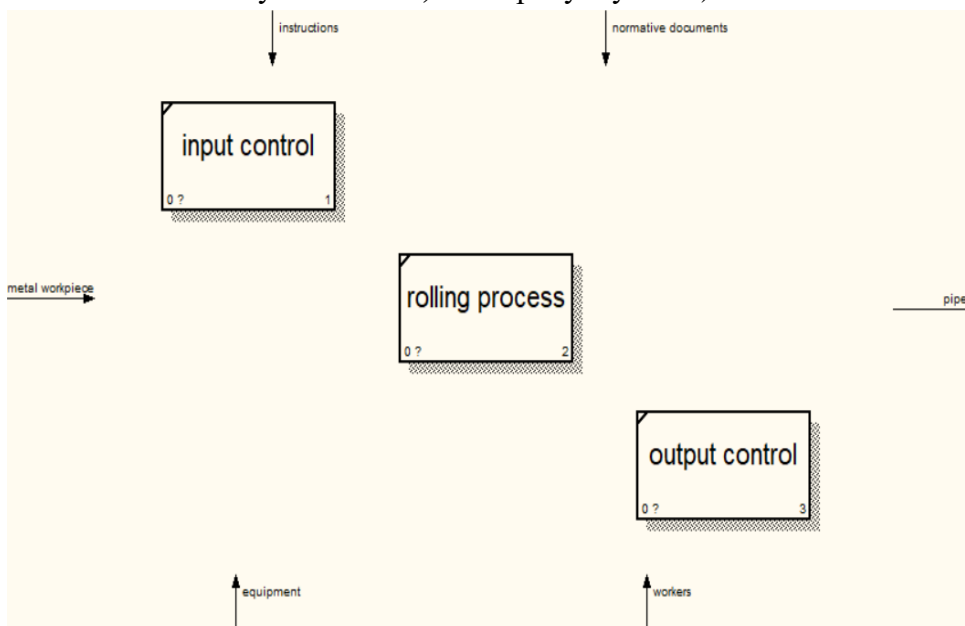


Рисунок 3.14 – Приклад ідентифікації блоків

Кількість блоків (робіт) в діаграмі можна зменшувати за допомогою кнопки «**delete**» та збільшувати омогою «**Activity Box Tool**» у верхній частині основного меню (рисунок 3.15)

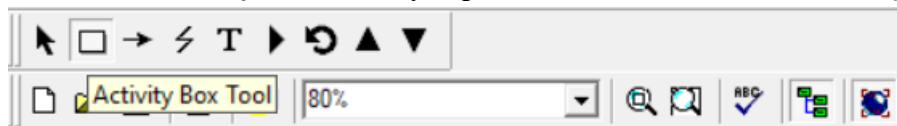


Рисунок 3.15 – управління кількістю блоків діаграми

Далі необхідно з'єднати усі граничні стрілки з відповідними блоками та блоки між собою шляхом переходу до режиму малювання стрілок, як на рисунку (рисунок 3.16).

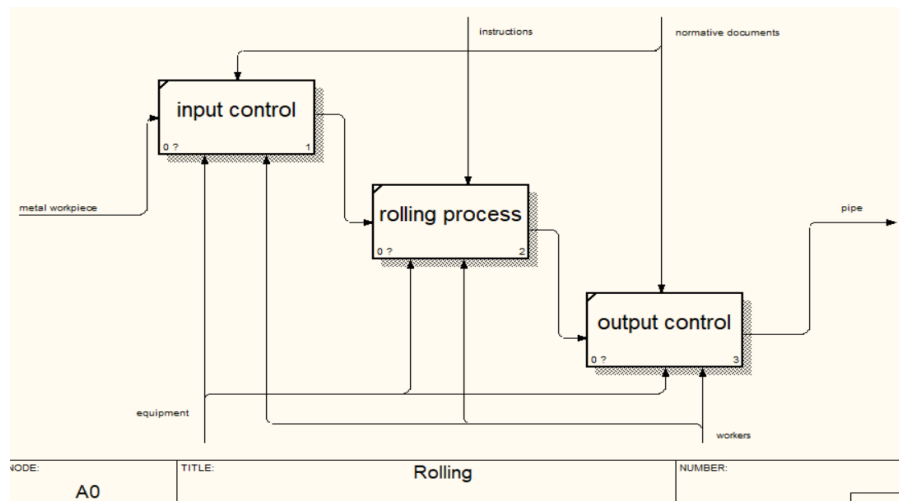


Рисунок 3.16 – Приклад з'єднання блоків стрілками.

За потреби можна додати більш детальний опис стрілок після розгалуження, використовуючи «**Text Tool**» та із внесенням необхідних позначень/пояснень до діаграми, а також додати стрілки зворотнього зв'язку «**Squiggle Tool**» (рисунок 3.17)

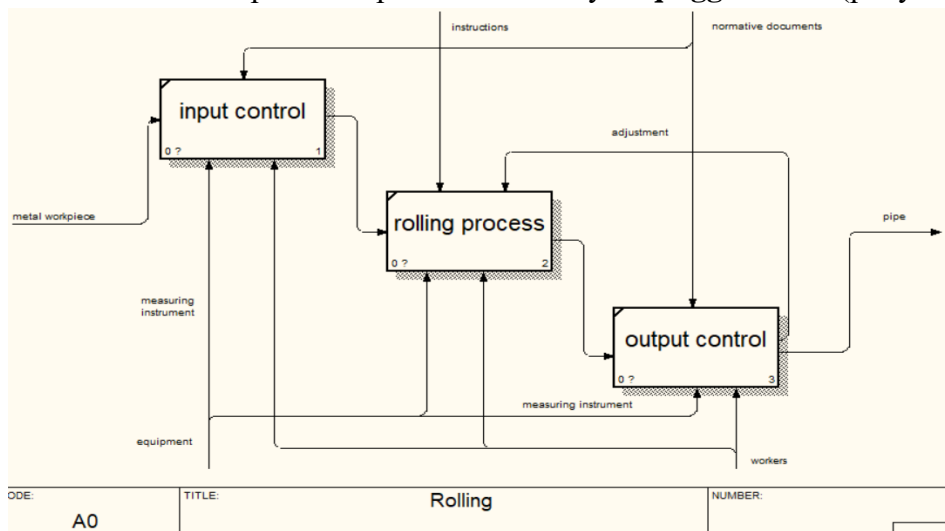


Рисунок 3.17– Приклад деталізації опису стрілок.

Використовуючи налаштування зовнішнього виду стрілок можна зробити зовнішній вигляд діаграми більш читабельним та зрозумілим, як на рисунку 3.18)

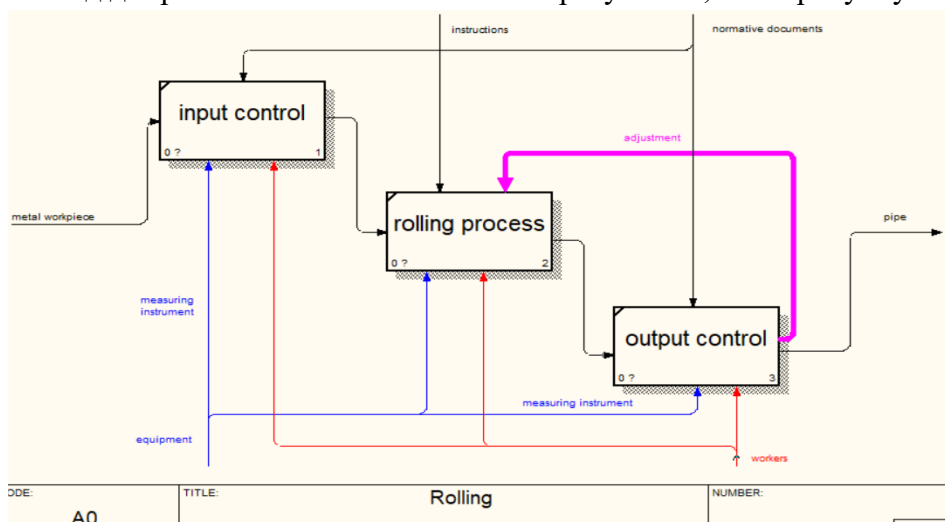


Рисунок 3.18 – Приклад покращення візуалізації стрілок

При цьому можна обрати (див. нижче) один з трьох типів зв'язків (стрілок) – «*Precedence*» (старша, процедурна, яка відображує черговість виконання функцій)/ «*Relational*» (взаємовідношення блоків, що демонструє зв'язки між роботами або роботами та об'єктами звертання / «*Object flow*» (показує, що об'єкт використовується в наступних декількох об'єктах), та вказує на те що виходом попереднього блока є об'єкт необхідний для початку виконання функцій наступного блоку (рисунок 3.19). Ці типи зв'язків також відносяться і до діаграми IDEF3 (див. далі).

3.2 Використання CASE - засобу VPwin для побудови діаграм IDEF3.

Важливою складовою CASE- технології (див. рис. 3.1) є діаграми IDEF3 - (Integrated Definition for Process Description Capture) – це методологія моделювання, яка використовується для опису та аналізу послідовності (динамічних) процесів . Діаграми IDEF3 включають елементи логіки. На відміну від IDEF0, що моделює статичні функціональні зв'язки, IDEF3 дозволяє моделювати послідовність подій та взаємодію процесів у часі [14]. Тобто IDEF3 може використовуватись для динамічного моделювання процесів що описує логіку їх виконання шляхом представлення послідовності подій та станів. Це стає особливо корисним у випадках, коли важливо зрозуміти взаємозв'язок подій у часі та оцінити альтернативні сценарії розвитку процесів. За своєю суттю модель системи, що створена за такою діаграмою, наближається до діючого об'єкту моделювання. Більш того, за допомогою спеціального пакету програм «BP Simulator модель» IDEF3 можна перетворити на імітаційну модель, тобто на модель, що імітує роботу системи з послідовною зміною станів.

Розширенням цих нотацій є відома методологія «ARIS», розроблена німецькою компанією IDS Scheer AG. Її сутність полягає у розгляді будь-якого об'єкта як складної системи, опис якої складається з чотирьох основних груп моделей [14]:

- організаційної структури;
- функцій (див. вище – IDEF0-діаграми);
- даних, що описуються IDEF3-діаграми;
- бізнес-процесів, які поєднують усі названі групи.

«ARIS» передбачає використання великої кількості типів моделей за допомогою графічних об'єктів для відображення різних сторін діяльності організації, зокрема, нотація «eEPS» - «розширений ланцюжок процесу, який управляється подіями».

Відомі й інші методології опису процесів, наприклад, Специфікація UML («Unified Modelling Language – Універсальна мова моделювання»), що базується на об'єктно-орієнтованих мовах програмування, та ін.

Основними складовими IDEF3-діаграми є [14]:

- роботи;
- об'єкти звертання;
- дуги;
- перехрестя.

Роботи на діаграмі IDEF3 називають «*Unit of Work (UOW)*» і позначають літерою U. Вони мають такий же сенс, як і на попередньо описаних IDEF0-діаграмах і зображуються

прямокутником, але з відділеним низом, розділеним на дві частини, як це показано на рисунку 3.19.

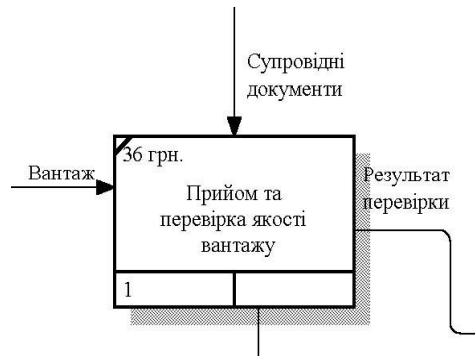


Рисунок 3.19 – Приклад відображення роботи на IDEF3-діаграмах [14]

Зліва у нижній частині блоку роботи проставляють її номер, що складається з номера «батьківської» роботи, номера декомпозиції і номера самої роботи.

Об'єкти звертання – це об'єкти, що несуть додаткову інформацію про виконання робіт або містять дані, які неможливо зв'язати з роботою дугою чи перехрестям. Пакет програм VPwin передбачає такі типи об'єктів звертання:

- «GO TO» – об'єкт циклічного переходу;
- «UOB» – об'єкти, які вказують на багаторазове використання роботи, але без циклів. Наприклад, «Контроль якості» може використовуватись у процесі виготовлення виробу декілька разів;
- «NOTE» – для документування важливої інформації, що відноситься до будь-яких блоків на діаграмі. Він може використовуватись як альтернатива надпису текстів;
- «ELAB» – для детального опису.

Об'єкти звертання зображують прямокутником з відділеною нижньою частиною (рисунок 3.20).



Рисунок 3.20 - Приклад зображення об'єкту звертання [14]

Зв'язки з іншими елементами діаграм для об'єктів звертання виконують ненаправленими дугами.

Дуги на діаграмах послідовності процесів IDEF3 мають такий же зміст, як і на розглянутих раніше діаграмах IDEF0, але вони можуть бути більш деталізовані. Під час деталізації допускаються наступні типи дуг (рисунок 3.21):

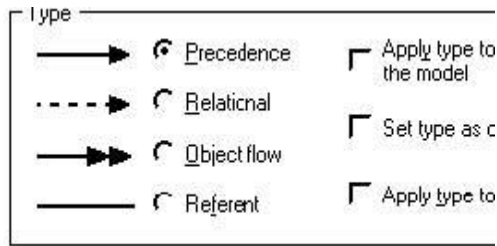


Рисунок 3.21 – Вигляд вікна для позначення та вибору виду дуг для діаграми послідовності процесів IDEF3 [17].

- *старша*, або *процедурна* («*Precedence*»), яка зображується суцільною лінією зі стрілкою і показує, що робота-джерело дуги, повинна закінчуватися раніше ніж розпочнеться робота-ціль, тобто робота, в яку входить дуга;

- *потоків об'єктів* («*Object flow*») зображується суцільною лінією з подвійною стрілкою та показує потоки об'єктів і те, що об'єкти використовуються у декількох роботах;

- *відношення* («*Relational*») зображується пунктирною лінією зі стрілкою і відповідає зв'язкам між роботами, або роботами та об'єктами звертання. Тут робота-ціль може розпочинатись раніше від роботи-джерела;

- *звертання* («*Referent*») зображується суцільною лінією без стрілок і відповідає зв'язкам з об'єктами звертання.

Злиття та розгалуження дуг на IDEF3-діаграмах завжди виконується за допомогою **перехрестя**. *Перехрестя* відображають логічні операції (умови), що відповідають подальшому виконанню робіт.

Перехрестя можуть бути декількох типів. Їх розділяють на *синхронні* й *асинхронні*.

Синхронні перехрестя вимагають *одночасного* виконання робіт, асинхронні – *виконання, але не обов'язково одночасного*.

Позначаються перехрестя прямокутниками з відділеними боковими сторонами. Позначення *синхронного виконання робіт* передбачає відділення ризикою обох сторін прямокутника перехрестя. Відповідно, при необхідності позначення *асинхронного виконання робіт* відділення ризикою правої сторони прямокутника не ставиться.

Перехрестями позначають логічні операції:

- «AND», або «і», що показує виконання обох робіт;
- «OR», «або», що показує - виконання однієї *або* іншої роботи;
- «ексклюзив – «XOR)», «X», що показує виключення або виконання роботи.

Позначення записують у середині блоку перехрестя, як це показано на рисунку 3.22.

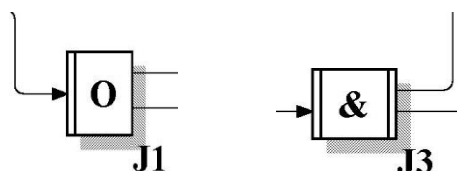


Рисунок 3.22 – Приклади відображення та позначення перехрестя на діаграмі IDEF3: J1 – асинхронне виконання логічної функції «OR», «або»); J3– синхронне виконання логічної функції «AND», «і») [17].

На рисунку 3.23 наведено приклад діаграми послідовності процесів під час прийому вантажу на підприємстві.

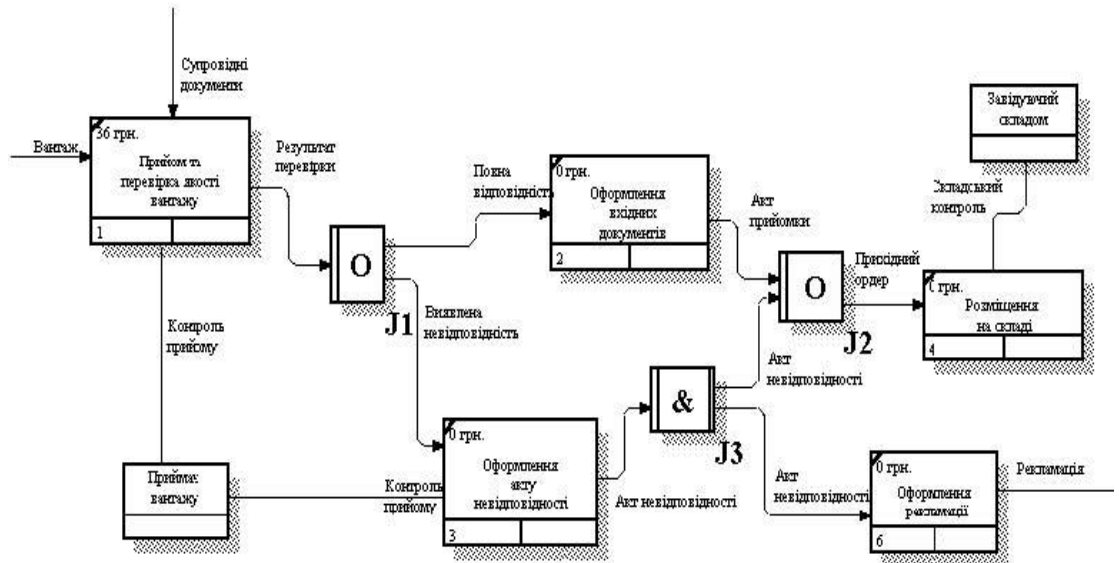


Рисунок 3.23 - Діаграма IDEF3 послідовності процесів прийому вантажу на підприємстві [17].

Опис операцій з прийому вантажу відповідно до наведеної діаграми наступний. «Вантаж на підприємство привозять транспортними засобами. Кожен вантаж має супровідні документи, що передаються разом з ним або іншим способом. Перша робота, що виконується на підприємстві, – це прийом і перевірка якості вантажу, відповідності його супроводжувальним документам. Прийом вантажу виконує відповідальна особа - приймач вантажу. На діаграмі він зображений як об'єкт звертання. Блок першої роботи, названий «Прийом і перевірка якості вантажу», зображений в лівому верхньому куті діаграми і позначений цифрою 1. Вхідними величинами цього блоку роботи є «Вантаж» і «Супровідні документи». На діаграмі вони розміщені за правилами функціональної діаграми, тобто рознесені по різних сторонах діаграми, хоч в даному випадку вони можуть підходити до якої-будь сторони блоку. Блок роботи також має дугу зв'язку «Контроль вантажу» з об'єктом звертання «Приймач вантажу». Вихідними величинами даної роботи є «Вантаж» і «Результат перевірки». Вантаж зображено дугою потоків об'єктів з подвійною стрілкою, а результат перевірки - процедурною дугою. Дуга «Вантаж» далі направлена до блоку роботи 4 «Розміщення на складі», тому що всі вантажі, які прибули на підприємство, повинні бути розміщені на складі незалежно від їх якості. Результат перевірки може бути подвійним: «Повна відповідність» або «Виявлена невідповідність». Розгалуження результату перевірки показано блоком асинхронного розгалуження J1 з логічною операцією «або» («OR»). Асинхронне розгалуження використане тому, що не може бути одночасно два результати. Якщо виявлена повна відповідність вантажу вимогам і супровідним документам, то виконується робота «Оформлення вхідних документів», що закінчується видачею акту прийомки. Ця робота зображена блоком 2. У

випадку, коли виявлена невідповідність вантажу вимогам і супровідним документам, то виконується робота з «Оформлення акту невідповідності». Акт невідповідності одночасно складається в двох примірниках. Цьому відповідає блок розгалуження J3. Блок розгалуження синхронний «і» («AND»), тому що одночасно оформляють два акти невідповідності. На основі одного з актів оформляють рекламацію, що показано роботою б «Оформлення рекламації». Рекламація разом з актом невідповідності направляється постачальнику товару. Другий примірник акту невідповідності направляється для оформлення товару на складі. На склад може поступити один з документів: акт прийомки або акт невідповідності. Згідно з цим оформляють «Прихідний ордер». Цей факт показано блоком розгалуження J2 (фактично - злиття, хоч він і називається блоком розгалуження). Це блок логічного асинхронного «або» («OR»). Використання такого блоку зрозуміле, адже документи не обов'язково повинні приходити одночасно, а вантаж на складі оформляють за приходом тільки одного з документів: акту прийомки або акту невідповідності. Подальша робота з вантажем містить розміщення його на складі. Ця робота показана блоком 4. Вхідні величини блоку: «Вантаж» і «Прихідний ордер». Вони підведені до лівої і верхньої сторін діаграми, правда, децю не в тому порядку, як прийнято для блоків діаграм IDEF0. Дуга вхідної величини «Вантаж» підведена до верхньої грані, а «Прихідний ордер» - до лівої. Це обумовлено зручністю побудови моделі, адже діаграма IDEF3 допускає приєднання будь-яких дуг до будь-якої сторони блока. Об'єктом звертання для блоку роботи «Розміщення на складі» є завідуючий складом, який дає розпорядження, де і як розмістити вантаж».

На основі такої діаграми можуть бути розроблені технологічні документи, а саме: технологічна карта послідовності процесів відповідно до вимог «Єдиної системи технологічних документів» (ЄСТД), програмне забезпечення для ЕОМ, що керує процесами виробництва на підприємстві, або діюча модель процесу для імітаційного моделювання і подальшого відпрацювання технологічного процесу.

Крім того, як видно з наведеної діаграми, кожна робота може бути виражена у вартісних одиницях, що є основою проведення функціонально-вартісного аналізу та розробки фінансових документів, оскільки на блоці кожної роботи у верхньому лівому куті вказана вартість у гривнях (якщо вартість робіт не оцінена, проставляють суму 0 грн).

Функціональна модель системи має ще й ту перевагу, що є більш зрозумілою в порівнянні з простим описом операцій.

Виконання вручну логічного аналізу послідовності процесів IDEF3-діаграмами потребує великого обсягу роботи і затрат часу.

Для деталізації робіт в IDEF3- використовується декомпозиція.

Для побудови IDEF3 діаграми з використанням **CASE- засобу BPwin** слід відкрити проєкт, зроблений у попередній частині наявної практичної роботи. Для цього у вікні **“Model Explorer”** (див. рис. 3.13) слід обрати функціональний оператор **«output control»**, за допомогою якого можна виконати деталізацію робіт, обравши функцію **«Decompose»**:

У вікні **«Activity Box Count»** що відкрилось (рисунок 3.24, слід обрати IDEF3 та вказати необхідну кількість компонентів які бажано створити для детального опису робіт. (Після створення діаграми, за потреби можна буде видалити зайві або додати додаткові компоненти).

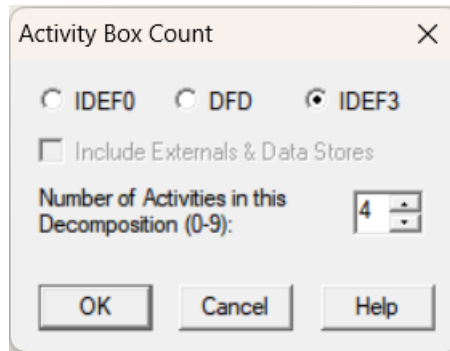


Рисунок 3.3.24 – перехід до інструментів IDEF3-діаграми

За замовчуванням створена діаграма буде мати вигляд як на рисунку 3.25.

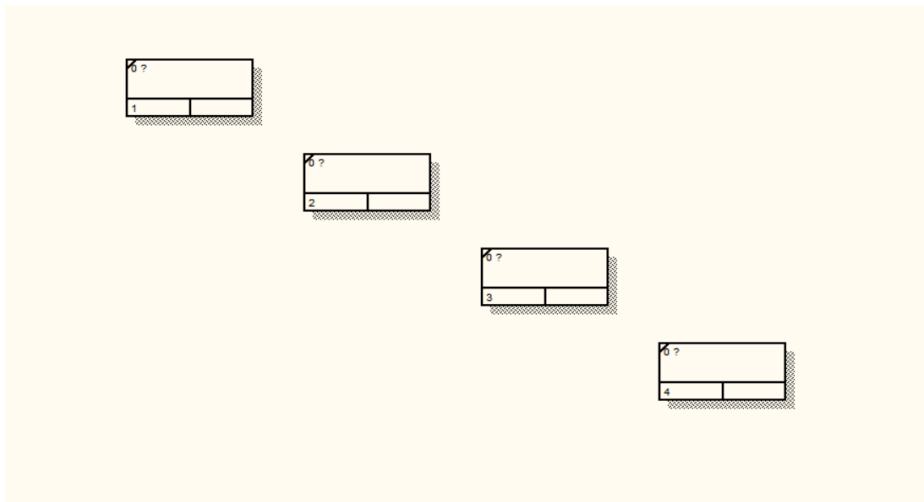


Рисунок 3.25 – вигляд згенерованої матриці IDEF3-діаграми.

Кожній з робіт слід задати ім'я, після чого поєднати їх за допомогою стрілок (дуг).

Додавання перехрестя на діаграму, здійснюється вибором за допомогою операції “**Junction Tool**” Рисунок 3. 26.



Рисунок 3.26 – перехід до операції “**Junction Type**” з додавання перехрестя.

Вибір необхідного типу перехрестя здійснюється у вікні “Select Junction Type”, згідно з обраною дією:

- **Asynchronous AND** («Асинхронне «так»). Цьому відповідає стан, коли «усі попередні процеси повинні бути завершені, або усі наступні процеси повинні бути запуснені;

- **Synchronous AND** («Синхронне «так»), що відповідає стану, коли усі попередні процеси мають бути завершені одночасно, або усі наступні процеси запускаються одночасно;.

- **Asynchronous OR** («Асинхронне «або»), для якого один або кілька попередніх процесів повинні бути завершені, або один чи кілька наступних процесів повинні бути запущені;
- **Synchronous OR** («Синхронне «або»), коли один або кілька попередніх процесів мають бути завершені одночасно, або один чи кілька наступних процесів запускаються одночасно;
- **XOR (Exclusive OR)**, коли тільки один попередній процес завершено або тільки один наступний процес запускається (рисунок 3.27).

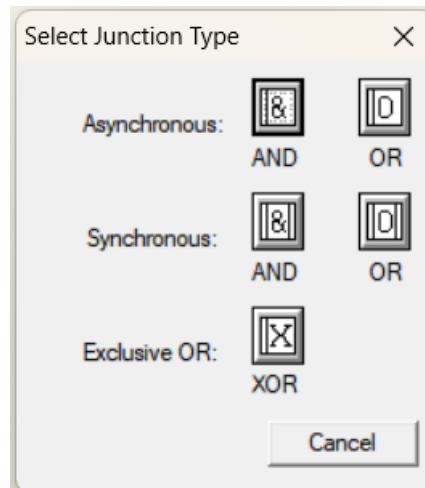


Рисунок 3.27 – Вибір виду перехрестя

Усі перехрестя на діаграмі нумеруються, кожен номер повинен мати префікс **J** (рисунок 3.28)

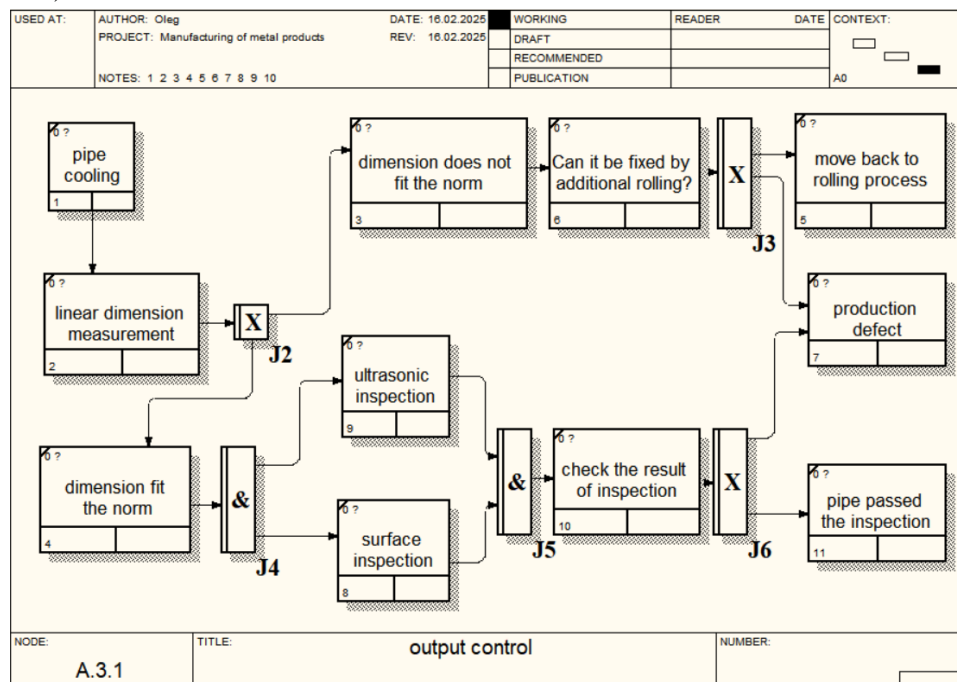


Рисунок 3.28 – Вигляд IDEF3-діаграми з перехрестями

Далі слід Додати об'єкт посилання до створеної діаграми, обравши “**Referent Tool**” у меню (рисунок 3.29)

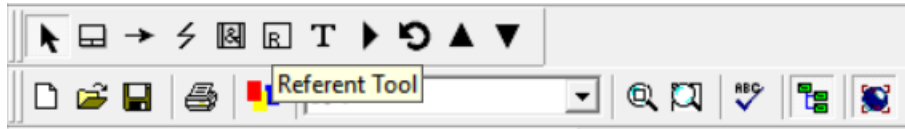


Рисунок 3.29 – вигляд вікна для вибору операції “Referent Tool” у меню.

Для цього слід вказати ім’я посилання (рисунок 3.30)

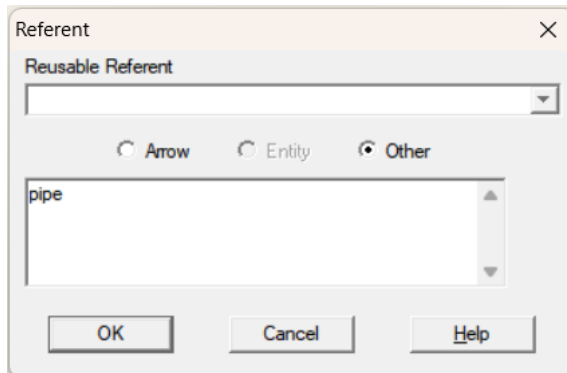


Рисунок 3.30 – Вигляд вікна для вказівки на ім’я посилання.

Потім у вікні “Model Explorer” слід перейти на вкладку “Object” та перетягнути доданий об’єкт посилання на діаграму (рисунок 3.31).



Рисунок 3.31 – Вигляд вікна для додання об’єкту

Тип зв’язку для з’єднання об’єкту посилання обирається в закладці “Referent” (див. рис. 3.29). Результат виконання буде мати вигляд як на рисунку 3.32).

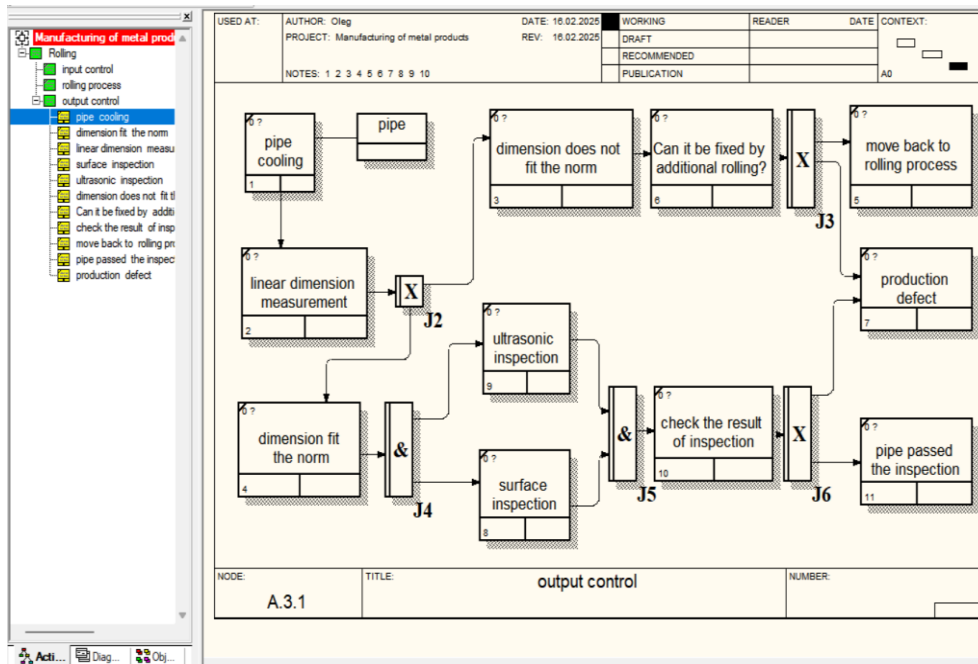


Рисунок 3.32 – Вигляд сформованої IDEF3-діаграми

Порядок виконання роботи студентом.

1. Схематично відображує наповнення пакетів VPwin та ERwin конкретними комп'ютерними програмами у SADT-технології за рис. 3.1 та описує різницю між моделями функцій і моделями даних.
2. Користуючись прикладом з рис. 3.2, описує особливості побудови контекстної діаграми IDEF0. Користуючись даними рис. 3.3 та 3.4, описує особливості типів зв'язків дугами блоків функціональної моделі IDEF0.
3. Представляє виконану вручну контекстну діаграму IDEF0 для інформаційно-виміральної системи з вимірювання температури, розглянутої у Практичній роботі № 2.
4. Користуючись даними рис. 3.5, представляє виконану вручну функціональну діаграму A0, узгоджену з контекстною діаграмою A-0 для IDEF0.
5. Ознайомлюється з інтерфейсом, інструментами та порядком побудови IDEF0-діаграми та IDEF3-діаграми за допомогою CASE - засобу VPwin.
6. за допомогою CASE - засобу VPwin розробляє відповідні IDEF0-діаграму та IDEF3-діаграму, які повинні містити необхідні зв'язки (дуги) між компонентами, елементи перехрестя та об'єкти посилання.
4. Проводить обґрунтування своєї розробки та представляє розроблені матеріали у пояснювальній записці.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють у виші. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань. Обсяг пояснювальної записки – 9...11 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

4 ЗАСОБИ САМОКОНТРОЛЮ

1. Опишіть метрологічні особливості вимірювання фізичних величин.
2. Що таке «фізична величина»?
Які є види вимірювань?
3. Який результат вимірювання вважається правильним?
4. Які технічні засоби відносяться до вимірювальних?

5. Надайте характеристику можливим похибкам та невизначеності вимірювань.
6. Опишіть основні властивості нормального закону розподілу ймовірності випадкової величини.
7. Що відображує клас точності засобу вимірювань?
8. Чим відрізняється відносна похибка вимірювання від зведеної похибки?
9. Надайте визначення та характеристику складовим інформаційно-вимірювальної системи.
10. Чим датчик (давач) відрізняється від вимірювального перетворювача?
11. У чому полягає різниця між «вимірювальним приладом» і «контрольно-вимірювальним приладом»?
12. Що характеризує функція перетворення засобу вимірювання?
13. Що є характеристикою ступеню реагування вимірювального перетворювача на зміну вхідної величини?
14. Опишіть можливі форми представлення інформації вимірювальними перетворювачами.
15. Які з'єднання ланок можуть використовуватись при моделюванні елементарного перетворення фізичної величини, що вимірюється?
16. Що є перевагою компенсаційного перетворення перед послідовним перетворенням спроектованого та виготовленого контрольно-вимірювального приладу?
17. У чому полягає різниця між лінійним і нелінійним структурними елементами інформаційно-вимірювальної системи (ІВС)?

18. Що характеризує динамічна характеристика перетворення вимірювального перетворювача?
19. Який вид зворотного зв'язку стабілізує роботу вимірювального перетворювача?
20. Які відлікові пристрої можуть бути застосовані в інформаційно-вимірювальних системах? Опишіть їх переваги та недоліки.
21. Які принципи покладають в основу проекту інформаційно-вимірювальної системи?
22. Опишіть основні етапи та стадії процесу проектування в їх логічній послідовності.
23. Для чого кожен етап проектування супроводжують звітом про виконані дії та досягнуті результати?
24. Які аспекти слід відображувати у Технічному завданні на проектувану Інформаційно-вимірювальну систему (ІВС)?

25. Опишіть перелік та зміст етапів науково-дослідної роботи в рамках процесу проектування ІВС.

26. Що включає узгодження сигналу від вимірювального перетворювача з іншими складовими ІВС?

27. У чому полягає різниця між активним і пасивним блоками ІВС? Надайте приклади.

28. За якими параметрами і характеристиками оцінюють ефективність проекту інформаційно-вимірювальної системи?

29. Чи відноситься до переліку робіт з метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем проведення їх сертифікації?

30. Ким, для чого і на підставі яких документів здійснюється конкретизація стадій та етапів, що виконуються організаціями-учасниками робіт зі створення інформаційно-вимірювальної системи ?

31. Коли і навіщо необхідно проводити науково-технічну експертизу проекту інформаційно-вимірювальної системи ? Опишіть зміст етапів відповідної науково-дослідної роботи.

32. Наведіть загальну характеристику складовим Structured Analysis and Design Technique (SADT-технології проектування).

23. У чому полягає різниця між функціональними моделями та моделями даних в рамках SADT-технології проектування?

34. Що є основою графічного представлення інформаційно-вимірювальної системи при функціональному моделюванні IDEF0?

35. Опишіть особливості застосування контекстної діаграми та дуг при побудові моделей IDEF0- IDEF3- SADT-технології проектування.

36. Чи допускається при проектуванні інформаційно-вимірювальної системи виконувати окремі етапи робіт до завершення попередніх стадій, паралельне в часі виконання етапів робіт, а також включення нових етапів робіт?

37. Опишіть статистичні основи АВС-аналізу при оцінці ефективності варіантів проекту. Які чинники зазвичай відносять до групи А? До групи В? До групи С?

38. Опишіть суть, етапи життєвого циклу та ризики при реалізації проекту Старт-ап. Як Старт-ап-проект може бути пов'язаний з проектуванням ІВС?

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ПОСИЛАНЬ

Основна література

1. Технічне регулювання та контроль якості на підприємстві : підручник / А. М. Должанський та ін. Дніпро : «Свідлер А. Л.», 2021. 523 с.

2. Методи та засоби інформаційно-вимірювальної техніки, випробувань і контролю : підручник / Петльований Є. О., Должанський А. М., Бондаренко О. А., Чорноіваненко К. О. Дніпро : Видавництво «Свідлер А. Л.», 2018. 210 с.

3. Проектування інформаційних систем. Комп'ютерний практикум : навч. посіб. / уклад.: Л. М. Добровська, О. В. Аверьянова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 202 с. URL: <https://ela.kpi.ua/items/f708badc-821c-4fc9-bb99-5ec010ea9f7a> (дата звернення: 10.01.24).

4. Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб. Київ : Каравела, 2003. 160 с.
5. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 3321-96 ; чинний від 2004-10-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 55 с.
6. ДСТУ 3973-2000. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення. Чинний від 2001-07-01. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2001. 43 с.
7. ДСТУ 3974-2000. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення. Чинний від 2001-07-01. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2001. 38 с.
8. IDEF. *Махут Zosym*. URL: <https://www.maxzosim.com/idef/> (date of access: 16.11.24).
9. Методи обробки графічної інформації та синтезу віртуальної реальності : метод. вказівки, робоча прогр. та індивід. завдання до викон. лаб. робіт / уклад. О. І. Міхальов, Вік. В. Гнатушенко, Вол. В. Гнатушенко / ред. О. І. Міхальов. Дніпро : ДМетАУ, 2019. 44 с.
10. Системи менеджменту якості / Должанський А. М., Мосьпан Н. М., Ломов І. М., Максакова О. С. Дніпро : «Свідлер А. Л.», 2017. 563 с.

Допоміжні джерела інформації

11. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / Є. С. Поліщук та ін. ; за ред. проф. Є. С. Поліщука. Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2003. 544 с.
12. Розширення меж вимірювань. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/6658910/page:6> (дата звернення: 25.11.2024).
13. Проектування інформаційних систем. Комп'ютерний практикум : навч. посіб. / уклад.: Л. М. Добровська, О. В. Аверьянова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 202 с. URL: <https://ela.kpi.ua/items/f708badc-821c-4fc9-bb99-5ec010ea9f7a> (дата звернення: 10.01.24).
14. Системи менеджменту якості / Должанський А. М., Мосьпан Н. М., Ломов І. М., Максакова О. С. Дніпро : «Свідлер А. Л.», 2017. 563 с.
15. IDEF. *Махут Zosym*. URL: <https://www.maxzosim.com/idef/> (date of access: 16.11.24).
16. Стартап. *UBR – Український Бізнес Ресурс*. URL: <http://ubr.ua/market/startup-time/> (дата звернення: 15.09.2024).
17. Положення про виконання кваліфікаційної роботи в Українському державному університеті науки і технологій : рукопис /розроб.: Радкевич А. В. та ін. Дніпро : УДУНТ, 2022. 47 с.

Навчально-методичне видання

Должанський Анатолій Михайлович,
Брагинський Олег Борисович,
Ломов Ілля Миколайович

ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Навчально-методичні рекомендації до проведення практичних занять

Електронне видання

Експертний висновок склала канд. техн. наук, доц. Наталія Полякова

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 43 від 22.04.2025)

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка А. М. Должанський

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 4,35. Обл.-вид. арк. 4,41.
Зам. № 54.

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010