

**В. М. Кутін, М. В. Кутіна**

**МЕТОДОЛОГІЯ ТА  
ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ В  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ,  
ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

# **Методологія та організація наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці**

Електронний навчальний посібник  
комбінованого (локального та мережного) використання

Вінниця  
ВНТУ  
2023

**УДК 001.89(075.8)**

**K95**

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 12 від 04.05.2023 р.)

Рецензенти:

**О. М. Сінчук**, доктор технічних наук, професор

**О. О. Мірошнік**, доктор технічних наук, професор

**О. Є. Рубаненко**, кандидат технічних наук, професор

**Кутін, В. М.**

**K95**      Методологія та організація наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. / В. М. Кутін, М. В. Кутіна. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 112 с.

Посібник відповідає робочій програмі навчальної дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці» для студентів, магістрів та аспірантів галузі знань 14 «Електрична інженерія», що навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання.

Мета посібника – надання інформаційної підтримки аспірантам, магістрам та студентам під час вивчення дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці».

**УДК 001.89(075.8)**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	5
ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ. ВИДИ ТА ФУНКЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	7
1.1 Наука. Вчений. Науковий, науково-педагогічний працівник .....	7
1.2 Загальні поняття методології .....	8
1.3 Конкретно-наукова методологія .....	9
1.4 Основні завдання вивчення дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень» .....	10
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕМПІРИЧНИХ МЕТОДІВ ПІЗНАННЯ .....	12
2.1 Загальні вимоги до емпіричних методів пізнання .....	12
2.2 Спостереження .....	14
2.3 Вимірювання .....	16
2.3.1 Загальні відомості про вимірювання .....	16
2.3.2 Принципи, методи та засоби вимірювань фізичних величин .....	17
2.3.3 Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання .....	20
2.3.4 Похибки результатів та засобів вимірювань .....	21
2.3.5 Похибки засобів вимірювання та їхні нормовані значення. Клас точності засобів вимірювання .....	22
2.4 Контроль як базова процедура емпіричного методу пізнання .....	24
2.4.1 Допуск. Вставка. Кількісне оцінювання контролю .....	24
2.4.2 Показники вірогідності прийняття контролю .....	26
2.4.3 Помилкові рішення, вірогідність прийняття рішень за результатами контролю .....	26
2.4.4 Багатопараметричний контроль та його показники .....	27
2.5 Ідентифікація як емпіричний метод пізнання .....	28
2.5.1 Параметричні методи ідентифікації .....	29
2.5.2 Непараметрична ідентифікація .....	30
2.5.3 Метод рекурентного оцінювання .....	30
2.6 Діагностика як емпіричний метод дослідження .....	32
2.6.1 Цілі та задачі технічної діагностики. Діагностичне забезпечення .....	34
2.6.2 Види та методи технічного діагностування .....	36
2.6.3 Діагностичні моделі аналогових об'єктів, опис функціональних моделей, моделі на основі теорії подібності, ймовірність моделі, моделі витрати ресурсу .....	40
2.6.4 Моделі дискретних об'єктів .....	44
2.6.5 Вибір умов роботоздатності об'єкта .....	49
2.6.6 Прогнозування зміни технічного стану об'єкта. Задачі, основні питання, методи математичного прогнозування. Оцінювання	

точності і ефективності прогнозування .....	53
2.6.7 Показники ефективності технічного діагностування енергетичного обладнання .....	60
2.7 Порівняння .....	70
2.8 Узагальнення .....	71
2.9 Експеримент .....	72
2.10 Інші емпіричні методи дослідження .....	73
<b>РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ ПІЗНАННЯ .....</b>	<b>76</b>
3.1 Аналіз і синтез. Індукція і дедукція .....	76
3.2 Абстрагування. Аналогія .....	76
3.3 Моделювання, ідеалізація, формалізація .....	77
<b>РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ В УКРАЇНІ .....</b>	<b>79</b>
4.1 Вступ. Державна підтримка науки в Україні .....	79
4.2 Організаційна структура науки .....	82
4.3 Пріоритетні напрямки розвитку науки в Україні .....	83
4.4 Система підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів .....	84
4.5 Науково-дослідна робота студентів .....	86
<b>РОЗДІЛ 5. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....</b>	<b>89</b>
5.1 Загальні положення .....	89
5.2 Основні етапи підготовки та виконання магістерської кваліфікаційної роботи .....	89
5.3 Вибір теми магістерської кваліфікаційної роботи .....	89
5.4 Зміст і обсяг пояснювальної записки .....	90
<b>РОЗДІЛ 6 ОФОРМЛЕННЯ ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД .....</b>	<b>91</b>
6.1 Загальні положення. Об'єкт винаходу .....	91
6.2 Процедура одержання патенту на винахід .....	92
6.3 Договори про передачу прав і ліцензійні договори .....	93
6.4 Захист прав на винахід .....	93
6.5 Формула винаходу .....	94
<b>РОЗДІЛ 7 МЕТОДОЛОГІЯ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ .....</b>	<b>96</b>
7.1 Загальні положення .....	96
7.2 Нетрадиційні об'єкти управління .....	97
7.3 Семіотичні моделі .....	98
7.4 Дані і знання .....	100
7.5 Базові семіотичні моделі .....	101
7.6 Мова для опису об'єкта ситуації .....	102
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>106</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

МОНД – методологія та організація наукових досліджень  
ТП – творчий процес  
КНМ – конкретно-наукова методологія  
ЕМП – емпіричні методи пізнання  
НМХ – нормативні метрологічні характеристики  
РВ – результати вимірювань  
ЗВ – засоби вимірювань  
УАСКВ – універсальна автоматична система контролю за виконанням  
ІОЦ – інформаційно-обчислювальний центр  
ЦПС – центральний пункт системи  
КІС – кінцева імпульсна система  
ТС – технічний стан  
ЗВО – заклад вищої освіти  
ВАК – вища акредитаційна комісія  
НДРС – науково-дослідна робота студентів  
МКР – магістерська кваліфікаційна робота  
СУ – ситуаційне управління  
Сем У – семіотичне управління  
МОС – мова опису ситуації

## ВСТУП

Сучасне суспільство висуває особливі вимоги до творчого потенціалу науковців та фахівців: здатність оволодівати новими науковими методами, орієнтуватись в потоці інформації, обирати оптимальні конструкторські, організаційні і технічні рішення. Перед фахівцями різних напрямків постають завдання, що потребують, окрім фахової кваліфікації, вміння використовувати методи різного спрямування. Тому сучасні фахівці мають володіти методологією наукового пізнання.

Метою пропонованого посібника є викладення інформації, необхідної для проведення повноцінного наукового дослідження.

У навчальному посібнику розглянуто питання методології наукових досліджень; дано загальну характеристику емпіричних та теоретичних методів пізнання; розглянуто пріоритетні напрямки розвитку науки в Україні; методику виконання магістерської кваліфікаційної роботи; етапи та загальні положення щодо оформлення патенту; методологію ситуаційного керування.

Навчальний посібник буде корисним студентам і магістрам технічних спеціальностей напрямків підготовки електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

# РОЗДІЛ 1 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ. ВИДИ ТА ФУНКЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Наука. Вчений. Науковий, науково-педагогічний працівник

Розглянемо термін «наука». Наука являє собою сферу діяльності людини, спрямовану на отримання нових знань про навколишній світ. Базою науки є збирання, оновлення, критичний аналіз фактів, систематизація, синтез нового або їх узагальнення, що дозволяють створити причинно-наслідкові зв'язки між різними явищами і прогнозувати їх перебіг [1].

Якщо розглядати науку як соціально значущу сферу людської діяльності, функцією якої є продукування й використання теоретично систематизованих об'єктивних знань про дійсність, то вона є частиною духовної культури суспільства. Наука – це не лише діяльність для отримання нового знання, а й результат такої діяльності – обсяг набутих наукових знань. Термін «наука» може вживатися для позначення окремих галузей наукового знання. Наука характеризується доцільно орієнтованою, тобто орієнтованою на потреби суспільства в певний момент часу, тут наука характеризується творчою діяльністю з формулювання, вибору та розв'язання проблем практичного й духовного освоєння світу.

Хто може вважати себе вченим?

*Вчений* – фізична особа, що проводить фундаментальні та/чи прикладні наукові дослідження й отримує наукові або науково-технічні результати [2, 3].

*Науковим працівником* називають вченого, який має вищу освіту не нижче рівня магістра та, відповідно до трудового договору, професійно здійснює наукову, науково-педагогічну, науково-технічну, науково-організаційну діяльність; має відповідну кваліфікацію, що не залежить від наукового ступеня чи вченого звання, яке він має, але підтверджену атестаційними результатами у тих випадках, що визначені законодавством [2, 3].

*Науково-педагогічним працівником* називають вченого, який має вищу освіту не нижче другого (магістерського) рівня та, відповідно до трудового договору (контракту), проводить наукову і педагогічну чи науково-педагогічну діяльність в університеті, академії, інституті професійно; має відповідну кваліфікацію, незалежно від наявності наукового ступеня чи вченого звання, підтверджену результатами атестації у випадках, що визначені законодавством [3].

У процесі становлення методологічного мислення вченого, його заглиблення в проблему дослідження еkleктична множина методологічних підходів стає в його дослідженні все більш взаємозв'язною, взаємодоповнюваною. У дослідженні з'являється плавний перехід від однієї методології до іншої, наприклад, від методології класичної науки до методології



некласичної науки. Це буде визначати появу нових методик дослідження з використанням методів теорії ймовірностей, закономірності в педагогічному процесі будуть мати не однозначно-визначений характер, а стохастичний. Важливим є те, що дослідник «розуміє і відчуває» «живе знання», діалектичну взаємодію різних методологічних підходів у своєму дослідженні, їх взаємну доповнюваність, а не вилучення. Характерним є те, що в кожному фрагменті дослідження (дисертації) вчений користується одним методологічним підходом. Таку методологію дослідження ми називаємо діалектичною [4, 5].

Ми пропонуємо таку модель механізму становлення діалектичної методології дослідження. Насамперед в межах одного методологічного підходу вчений збирає наукові факти у своєму дослідженні, що відповідають чинній методології та ідентифікуються з її положеннями. Але при зростанні кількості наукових фактів та складності їх взаємодії з'являються нові, більш складні наукові факти, гіпотези, теорії, що починають набувати не властивих їй рис.

## 1.2 Загальні поняття методології

Нині в науці під методологією розуміють вчення про принципи побудови, способи, форми науково-пізнавальної діяльності. Власне методологія науки визначає компоненти дослідження, а саме: його об'єкт, предмет, завдання, дослідницькі засоби, необхідні для їх розв'язання, та формує уявлення про структуру і послідовність розв'язання поставлених дослідницьких завдань. [5, 6]

В структурі методологічного знання виділяють чотири рівні: філософський, загальнонауковий, конкретно-науковий, технологічний.

Чотири рівні методології формують загальні принципи пізнання та категоріальний склад науки загалом. Перший рівень – *вся система філософського знання* виконує методологічні функції.

Другий рівень (*загальнонаукова методологія*) являє собою теоретичні концепції, що використовуються для більшості наукових дисциплін.

*Конкретно-наукова методологія* – це третій рівень – сукупність методів, процедур і принципів дослідження, які використовуються в різних наукових дисциплінах.

Методика і техніка дослідження, а саме: набір процедур, що дозволяють отримати достовірний емпіричний матеріал та здійснити первинну обробку з метою внесення в масив наукового знання – це четвертий рівень (*технологічна методологія*). Тут методологічне знання має чітко виражений нормативний характер.

Таким чином, всі методології утворюють складну систему з внутрішнім підпорядкуванням. Але філософський рівень – це змістова основа методологічного знання, що визначає світоглядні підходи до процесу пізнання та перетворення дійсності.

### 1.3 Конкретно-наукова методологія

Конкретно-наукова (або частково наукова) методологія характеризується сукупністю ідей та специфічних методів окремої науки, що формують базу для розв'язання конкретної дослідницької проблеми. Це наукові концепції, які використовує дослідник в своєму дослідженні.

Пошуки методологічних основ дослідження здійснюються за такими напрямками:[6, 7, 8, 9, 10]:

- 1) вивчення наукових робіт відомих учених, які використовують загальнонаукову методологію для опанування конкретної галузі науки;
- 2) здійснення аналізу наукових робіт провідних учених, що одночасно досліджували загальні проблеми своєї галузі та окремі;
- 3) узагальнення ідей науковців, які безпосередньо вивчали цю проблему;
- 4) дослідження специфічних підходів для вирішення проблеми професіоналами-практиками, які не лише розробили, а й реалізували на практиці свої ідеї;
- 5) загальний аналіз концепцій у певній сфері практичної і наукової діяльності українських учених і практиків;
- 6) вивчення наукових робіт зарубіжних учених і практиків.

Розглянувши методологічні основи наукового дослідження, можна охарактеризувати наукову концепцію дослідження. Концепція являє собою систему поглядів, опису предметів і явищ відносно побудови, функціонування, що сприяє розумінню, тлумаченню, вивченню основних ідей.

Концепція має важливе значення, оскільки є єдиним, основним задумом, головною ідеєю наукового дослідження. Методологічні положення і принципи є стратегічними та знаходять своє тактичне втілення в методах дослідження.

У найбільш загальному розумінні метод – це шлях, спосіб досягнення сформованої мети і завдань дослідження. Він визначає, як саме пізнавати. Відмінність між методом та теорією носить функціональний характер: формулюючись як теоретичний результат попереднього дослідження, метод виступає в ролі вихідного пункту та умови майбутніх досліджень.

Для проведення наукового дослідження часто використовують метод критичного аналізу наукової та методичної літератури, практичного досвіду, цього потребує рівень методики і техніки дослідження. В подальшому широко використовуються методи: спостереження, анкетування, моделювання, експеримент, бесіда, рейтинг, контент-аналіз та ін.

За характером фактичного матеріалу, умов і мети конкретного дослідження здійснюється вибір методів дослідження. Для різних наукових галузей використовуються методи, що збігаються за назвою, наприклад, шкалювання, тестування, анкетування, однак мета і методики їх реалізації різні. Методика експериментальних досліджень лабораторних і польових є найскладнішою. Крім того, для однакових наукових галузей можуть вико-

ристовуватися комплекси методів, що безперервно розвиваються в процесі наукової діяльності. Загалом класифікація методів розроблена слабо.

Часто використовують поділ основних типів методів за двома ознаками: метою і способом реалізації. Під час поділу за метою виділяють первинні методи, що використовуються для збирання інформації, вивчення джерел, опитування, спостереження та ін. Вторинні методи (ознака поділу за способом реалізації) використовуються для обробки та аналізу отриманих даних – кількісний та якісний аналіз даних, їх систематизація, шкалювання та ін.

Вторинні методи мають такий поділ: експериментально-ігрові; логіко-аналітичні, візуальні.

Для реальних об'єктів, що функціонують у конкретній ситуації застосовують експериментально-ігрові методи, вони використовуються і призначені для прогнозування результатів. Розділ математики – «теорія ігор» пов'язаний з такими методами.

До логіко-аналітичних методів відносять класичні методи дедукції та індукції, що відрізняються вихідним етапом аналізу. Такі методи доповнюють один одного і можуть використовуватися з метою верифікації – перевірки істинності гіпотез і висновків. Візуальні (графічні) методи – це графіки, схеми, діаграми, картограми і т. д. – дають змогу отримати синтезоване уявлення про досліджуваний об'єкт і водночас наочно показати його складові, їхню питому вагу, причинно-наслідкові зв'язки, інтенсивність розподілу компонентів у заданому об'ємі. Вони тісно пов'язані з комп'ютерними технологіями.

Також існує поділ методів відповідно до функціональних можливостей: етапні, універсальні. Спостереження, експеримент відносять до першої групи, до другої – абстрагування, узагальнення, дедукцію, та ін.

Математичні методи доцільно використовувати в прикладних аспектах гуманітарних наук.

Ще одним вагомим є поділ методів на теоретичні та емпіричні (за способом проведення дослідження).

Висунення і розвиток наукових гіпотез і теорій, формулювання законів та виведення з них логічних наслідків, зіставлення різних гіпотез і теорій відносять до теоретичних досліджень.

Спостереження окремих явищ, їх дослідження, експеримент, групування, класифікація та опис результатів, впровадження у практичну діяльність цих результатів зараховують до емпіричних досліджень.

#### **1.4 Основні завдання вивчення дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень»**

Формування навичок дозволяє:

- характеризувати етапи становлення наукової теорії в процесі творчої діяльності;

- вільно оперувати понятійно-категоріальним апаратом основ наукової діяльності;
- розкривати взаємозв'язок основ наукової діяльності з іншими науками, які впливають на її досягнення в процесі її розвитку.
- виявляти закономірності розвитку знань про основи наукової діяльності;
- використовувати отримані знання в майбутньому на практиці, в процесі написання наукових робіт.

Основними завданнями дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень» є: формування у студентів системи теоретичних знань про навчальну дисципліну; ознайомлення студентів з категоріальним апаратом основ наукових досліджень; забезпечити оволодіння кращими здобутками основ наукових досліджень, виробити вміння застосовувати їх у сучасних умовах; розвиток та формування наукового мислення, основних принципів культури спілкування; формування навичок організації самостійної роботи студентів у навчанні; надати допомогу майбутнім фахівцям у науковій діяльності; виявити особливості становлення та розвитку основ наукової діяльності як науки, її наукову еволюцію.

Засвоєння студентами змісту зазначених тем є підготовкою для подальшого використання основ наукової діяльності у майбутній професійній діяльності і досягається за допомогою вільного користування студентами необхідними для курсу джерелами та літературою.

Переважними формами навчання є: лекції, практичні заняття та самостійна робота студентів, яка передбачає виконання самостійних теоретичних і практичних завдань за індивідуальним зразком.

Програма побудована за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу у закладах вищої освіти та узгоджена зі структурою змісту навчального курсу, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною системою (ECTS).

### ***Контрольні питання***

1. Що таке наука?
2. Хто може вважати себе вченим? Основні напрямки діяльності вченого.
3. Особливості діяльності наукового та науково-педагогічного працівника.
4. Компоненти дослідження методології як науки.
5. Загальна характеристика чотирьох рівнів методологічного знання.
6. Конкретно-наукова методологія, напрями методологічних основ дослідження.
7. Що таке концепція, методи і теорія, методика?
8. Що таке метод? Поділ методів за ознаками мети і способу реалізації.

## РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕМПІРИЧНИХ МЕТОДІВ ПІЗНАННЯ

Наукове знання містить «емпіричний (дослідний) і теоретичний» рівні. Наукове знання і процес його отримання системні та структуровані. Сукупність дослідних заходів і методів забезпечує емпіричний і теоретичний етапи наукового дослідження.

Практичні питання наукової діяльності, а саме: «збирання емпіричної інформації, осмислення результатів спостереження і експериментів, відкриття емпіричних законів, формування класифікацій (розбиття класу об'єктів на підкласи) та ін. відносять до емпіричних досліджень» [11, 12].

Емпіричний рівень характеризує досліджуваний об'єкт здебільшого з позицій зовнішніх зв'язків і відносин. Емпіричне дослідження орієнтовано на об'єкт дослідження; під час дослідження використовуються такі методи: порівняння, вимірювання, спостереження, експеримент, аналіз та ін. Збирання фактів, первинне узагальнення, опис дослідних даних, систематизація і класифікація притаманні емпіричному пізнанню.

Таким чином, емпіричне дослідження являє собою особливий вид практичної діяльності, що перебуває всередині науки.

### 2.1 Загальні вимоги до емпіричних методів пізнання

До емпіричних методів пізнання висувають нижчевказані вимоги [13].

❖ Характеристика, що вказує на можливість методу розрізнати досліджувані об'єкти за певною ознакою (з низьким рівнем вираженості ознаки, середнім та високим) – це *діагностична сила* (роздільна здатність).

❖ *Валідність*. Об'єктивність будь-якого дослідження передбачає мінімальний вплив особистості дослідника на отриманий результат. Визначення сфери досліджуваних властивостей – найважливіша складова валідності. Спрощене і загальне формулювання валідності тесту – це «...поняття, що вказує нам, що тест вимірює і наскільки добре він це робить». Тобто «валідність (англ. valid – дійсний, придатний) – це комплексна характеристика методу (методики), яка вказує на його придатність до використання (об'єктивність, діагностичну силу, репрезентативність, точність, надійність)» [13].

❖ Характеристика, що вказує на здатність методу доєднувати однакові результати під час дослідження ідентичних об'єктів за ідентичних умов (забезпечувати водночас відтворюваність результатів) – це *надійність*.

❖ *Репрезентативність* означає, що з певною наперед заданою чи визначеною статистичною похибкою можна вважати, що подане у вибірковій сукупності розподілу досліджуваних ознак відповідає їх реальному

розподілу. «Репрезентативність (франц. *représentatif* – показовий) – це властивість вибіркової сукупності подавати характеристики генеральної сукупності» [13]. Репрезентативність вказує на можливість методу переносити результати, отримані під час дослідження частини об'єктів, на всі об'єкти, що входять до цієї групи.

Щоб забезпечити репрезентативність вибірки даних, потрібно врахувати низку обов'язкових умов. Серед них основними є:

- 1) забезпечення однорідності для вибірки і генеральної сукупності
- 2) кількість одиниць у вибірці має бути досить великою;
- 3) підбір здійснюється з однорідних сукупностей;
- 4) незалежно від досліджуваної ознаки створення вибірки змінних;
- 5) необхідно, щоб кожна одиниця генеральної сукупності мала однакову імовірність потрапляння у вибірку.

Дані, отримані за допомогою емпіричних методів, становлять основу для подальшого теоретичного узагальнення (осмислення) пізнавальних процесів для створення цілісної єдності наукового пізнання. Зазначені методи дослідження є основними в навчально-дослідній справі, яка пов'язана з практикою, зокрема педагогічною, вони забезпечують накопичення, фіксацію та узагальнення отриманого дослідного матеріалу. Розглянемо детальніше основні емпіричні методи пізнання [13, 14, 15].

1. *Вимірюванням* називають процедуру визначення числового значення певної величини за допомогою одиниці виміру.

2. *Спостереженням* називають цілеспрямоване систематичне, організоване спеціально сприймання явищ і предметів об'єктивної дійсності, що виступають об'єктами дослідження.

3. *Експериментом* називають певну апробацію інформації (знання) про досліджувані явища в спеціально створених умовах (контрольованих або штучних).

4. *Порівнянням* називають процес зіставлення (порівняння) предметів чи явищ дійсності для встановлення подібності або відмінності між ними та знаходження загального, притаманного, що може бути властивим двом або декільком досліджуваним об'єктам.

5. *Сприйняття як дія*. Вітчизняна психологія з 1950-х рр. досліджувала питання сприйняття і ґрунтувалася на принциповому визнанні рефлексорної будови психічних процесів у відображальній природі чуттєвого образу. Дослідники, які займалися питанням сприйняття, вважають, що основна роль у формуванні відповідного образу зовнішнього об'єкта залежить від практичної діяльності певного суб'єкта з досліджуваним об'єктом. Отже, діяльність суб'єкта, що сприймає, розуміють насамперед як зовнішню рухову активність. Як приклад варто розглянути процес зорового сприйняття руху, що перетворює просторову розмірність у потік сенсорних даних, які надходять до рецепторної поверхні, зараховуючи їх до об'єктивних властивостей сприйманої ситуації чи елементів середовища, але не до рецепторних подій. Саме таку визначальну функцію рухів,

тобто, функцію об'єктивації (опредметнення образу), наочно демонструє «інструментальне сприйняття», тобто опосередковане проміжними ланками (системами керування, інструментами, інформаційними індикаторами) сприйняття.

Питання сприйняття розглядають як завдання, розв'язання якого визначено кінцевою метою. Для вирішення питання сприйняття розглядають поведінкову (пізнавальну) дію, що містить певні орієнтовані, виконавчі та предметно-образні компоненти. У разі застосування ефекторної ланки діяльності образів, яка виникає, постійно співвідноситься з джерелом, тобто реальним об'єктом чи ситуацією та уподібнюється йому, завдяки чому досягається його адекватність. Важливим є питання адекватності, її ступінь визначає рівень сформованості функціональних одиниць сприйняття та специфіки пізнавальної діяльності.

6. *Ідентифікацією* називають відображення залежності між величинами, які характеризують матеріальний об'єкт моделлю, математичною або логічною.

7. Розпізнавання об'єкта – відображення цього об'єкта за сукупністю його властивостей одним із класів множини цих об'єктів.

8. *Контроль* характеризує висновком відповідність дійсного стану і норми.

9. *Діагностика* – наукова дисципліна, змістом якої є вивчення чи визначення дійсного технічного стану об'єкта та характеру його зміни з часом; вона досліджує форми прояву технічного стану об'єкта та розробляє системи діагностування.

10. *Випробування* та їх обмеженість – відображення стану об'єкта за сукупністю його властивостей під час дії на нього сукупності регламентованих сертифікатом факторів.

Практичні (емпіричні) завдання направлені на точний опис, виявлення і детальне вивчення різноманітних фактів, явищ і процесів. Емпіричні дослідження дозволяють отримувати різнобічну інформацію стосовно явищ, процесів і дають можливість поглиблення їх якісного та кількісного аналізів. Таким чином, важливу роль відіграють пізнавальні завдання у науковому дослідженні, які виникають під час вирішення наукових проблем.

## 2.2 Спостереження

*Спостереження* полягає у цілеспрямованому вивченні об'єктів за допомогою чуттєвих властивостей людини, до яких відносять сприйняття, відчуття, уявлення предметів і явищ дійсності. Використання цього методу збагачує науку фактами безпосередньої дійсності [14, 15].

Спостереженням називають метод пізнання реальної дійсності, що ґрунтується на безпосередньому сприйнятті об'єктів, явищ, процесів за допомогою органів чуття, без їх втручання в буття дослідника.

У тих випадках, коли втручання в досліджуваний процес неможливо або небажано, використовується спостереження. Наукові спостереження є основою для теоретичних узагальнень і здійснюються з метою збирання фактів, які підтверджують чи спростовують ту чи іншу гіпотезу. Крім того, цілеспрямованість спостереження зумовлена існуванням попередніх ідей та гіпотез, які формують задачі спостереження. Процес наукового спостереження – це особливий вид діяльності, а не пасивне споглядання світу, де задіяний не тільки об'єкт спостереження, але і засоби спостереження (прилади, засоби зв'язку, інформації).

Цінність спостереження як методу наукового пізнання полягає в можливості одержувати первинну інформацію сукупністю емпіричних тверджень. Емпірична сукупність є основою для попередньої систематизації об'єктів реальності, робить їх вихідними об'єктами наукового дослідження.

Як пізнавальний результат спостереження виступає опис мовними засобами предметів та явищ, також використовують схеми, таблиці, рисунки, графіки і т. п.

Дослід, на відміну від спостереження, проходить у межах відкритого наукою спостереження і виводить пізнання за межі відомого кола явищ. Крім того, спостереження, що є різновидом дослідження на основі досвіду, залишає предмет пізнання в нескінченній кількості реально існуючих об'єктивних зв'язків. Шляхом абстрагування дослідників від несуттєвого для вирішення дослідницької задачі дослід обмежує зв'язки. Це яскраво продемонстровано в експериментах, де прагнуть створити спеціальні умови для їх проведення.

Проте в поєднанні досвіду та спостереження відбувається загальний поступ емпіричного пізнання. Як засвідчив один з засновників української академії наук: «Поряд із методом спостереження доводиться завжди переходити до дослідів не тільки для вирішення питань, пов'язаних з науковим описом явища, але й для того, щоб витягти приховану в природному продукті силу».

В будь-якому випадку для кожного різновиду емпіричного рівня пізнання постає проблема часу та простору. Суть цієї проблеми полягає в результаті дослідження, він буде більш повноцінним у випадку, коли час і простір спостереження та досліду будуть збігатися з часом та простором природних подій. Проте подібний збіг, як правило, перебуває поза волею та бажанням людини.

В науці розрізняють:

- просте (звичайне) спостереження, фіксація подій в такому разі відбувається ніби зі сторони;
- включене (що бере участь) відкрите спостереження, тут дослідник адаптується в певному середовищі і здійснює аналіз подій ніби «зсередини».



Якісні та порівняльні поняття характеризують результати спостережень. Якісні поняття («холодний», «червоний», «маленький» тощо) показують різні властивості предметів, завдяки чому їх відносять до певного класу. Завжди дослідження нових сфер розпочинаються з формулювання якісних понять, які дозволяють класифікувати предмети відповідної сфери дослідження, посилаючись на результати спостережень.

До спостереження висувають такі вимоги:

- передбачуваності заздалегідь (перед спостереженням стоїть чітко сформульоване завдання);
- планованості (спостереження проводиться згідно з певним планом, який відповідає завданню спостереження);
- цілеспрямованості (спостерігаються наперед визначені сторони явища, які є важливими для дослідження);
- вибіркової (в цьому випадку спостерігач має відшукати потрібні об'єкти, риси чи явища);
- системності (спостереження проводиться безперервно чи має певну систему).

Варто завжди пам'ятати про важливу умову наукового спостереження, яка полягає в його об'єктивності, тобто можливості контролю шляхом повторного спостереження чи за допомогою застосування інших методів дослідження (таких як експеримент).

Спостереження має певну послідовність підготовки та проведення [6, 7]: формування мети; визначення показників фіксації (наприклад, в процесі вивчення активності студентів під час уроку можуть бути сформовані такі показники фіксації: зосередженість; концентрація погляду; розмова; списування; передавання записок; читання іншої літератури; формування форми протоколу і програми; реалізація серії спостережень; підведення підсумків результатів спостереження, здійснення аналізу та формулювання висновків).

Спостереження як метод збагачує науку фактами безпосередньої дійсності, що полягає у цілеспрямованому вивченні об'єктів із використанням чуттєвих властивостей людини (сприйняття, відчуття, уявлення явищ та предметів дійсності).

Цей метод пізнання дозволяє одержувати первинну інформацію у вигляді сукупності емпіричних даних.

## **2.3 Вимірювання**

### **2.3.1 Загальні відомості про вимірювання**

Сучасне розуміння метрології – це наука про вимірювання, методи та способи, що забезпечують єдність вимірювань та способів для досягнення необхідної точності вимірювань [16, 17, 20].

Вимірюванням називають процес відображення (знаходження) розміру (значення) фізичної величини у певних одиницях з використанням

спеціальних засобів вимірювання дослідним шляхом. Процес вимірювання полягає у порівнянні значення вимірюваної фізичної величини (ФВ) з іншою однорідною ФВ, що прийнята за одиницю.

### **2.3.2 Принципи, методи та засоби вимірювань фізичних величин**

При вимірюванні за основу беруть принцип, під яким розуміють фізичне явище чи їх сукупність, які використовуються для отримання певного результату у вигляді вимірювальної інформації щодо значення вимірюваної фізичної величини. Як приклад можна навести вимірювання температури з використанням термоелектричного ефекту.

Потрібно знати, що вимірювання можна здійснювати з використанням різноманітних методів, під якими варто розуміти сукупність прийомів використання різних засобів і принципів, а також вимірювань з метою створення вимірювальної інформації. В перекладі з грецької «Метод» означає спосіб досягнення мети, шлях досліджень.

З метою проведення технологічних вимірювань користуються методами порівняння з мірою та безпосереднього оцінення [16, 17, 21, 22].

Основна ідея методу порівняння з мірою полягає в тому, що відбувається порівняння вимірюваної величини з однорідною величиною, значення (розмір) останньої відтворюється мірою. Така міра являє собою засіб вимірювання, що відтворює ФВ відомого розміру; як приклад можна навести звичайну рулетку. Вимірювання довжини предмета за допомогою рулетки і буде застосуванням методу порівняння з мірою. Більш складними видами методу порівняння з мірою є [16]:

1. *Компенсаційний* (нульовий) метод. Його ще називають методом *повного зрівноважування*. Головна ідея цього методу полягає в одночасній подачі на вимірювальний засіб і порівнянні вимірюваної та однорідно зрівноважувальної величини від регульованої міри, значення її вже відомо. Компенсування досягається шляхом регулювання міри доти, доки не буде досягнуто повної рівноваги, яка буде зафіксована нульовим показом засобу вимірювання (ЗВ), результат вимірювання в цьому випадку дорівнює значенню регульованої міри. Компенсаційний метод є високоточним та вважається незалежним від зовнішніх умов. Він може застосовуватися в потенціометрах та автоматичних мостах.

2. *Диференціальний* метод, його ще називають *різницевим* чи *неповного зрівноважування*. Суть методу полягає в тому, що на ЗВ подається і вимірюється лише різниця між шуканою величиною та вимірювальною, яка відтворена мірою. Описаний метод застосовують тоді, коли просто та точно реалізується операція віднімання величин та задання міри, і вимірювана величина  $A$  може бути записана

$$A = A_0 \pm \Delta A, \quad (2.0)$$

де  $A_0$  – задане мірою номінальне значення вимірюваної величини;

$\pm \Delta A$  – можливе відхилення від номінального значення вимірюваної величини (здебільшого не перевищує  $\pm 10\%$  від номінального значення).

3. Суть методу *заміщення* полягає в почерговій дії на ЗВ вимірюваної та вихідної величин регульованої міри, що діятиме «до тих пір, поки не буде досягнуто повне зрівноважування», тобто, має бути досягнуто рівність показів ЗВ для обох випадків, це і стане результатом вимірювань;

Розглянемо метод *безпосереднього оцінення*. Суть методу полягає у визначенні значення вимірюваної величини шляхом застосування відповідного вимірювального засобу за його відліковим пристроєм (шкалою). Метод безпосереднього оцінення характеризується безпосереднім перетворенням значення вимірюваної величини у вихідну величину, що відображається та записується ЗВ, який має градування у відповідних одиницях. В умовах виробництва широко застосовують метод безпосереднього оцінення.

Методи вимірювання також класифікуються залежно від форми вимірювальної інформації; вони поділяються за способом вимірювань на аналогові та цифрові. Інформація є результатом вимірювання – категорія, що дозволяє розпізнавати присутність чи відсутність відомостей, на основі яких приймається рішення. Відомо дві форми для надання інформації про ФВ, Це неперервна або аналогова та дискретна або цифрова. Сигнал є носієм інформації для обох форм.

У випадку, коли здійснюється аналогове вимірювання, використовують неперервну (аналогову) форму подання інформації. Інформація про вимірювану ФВ за допомогою одного сигналу (аналога), який подібний та пропорційний цій ФВ. Особливість аналогового сигналу полягає в його здатності відтворювати миттєві значення ФВ і відображати будь-які їх значення у певних межах. Як приклад вимірювання з застосуванням аналогового сигналу варто згадати термометр (довжина стовпчика ртуті в рідинному термометрі). Як вихідний сигнал про значення вимірюваної величини в первинних вимірювальних перетворювачах застосовується аналогова форма подання інформації.

У випадках, коли здійснюється цифрове вимірювання (дискретна форма подання інформації), інформація щодо вимірюваної величини подається у вигляді одного дискретного сигналу чи здійснюється з використанням послідовного ряду (набору) дискретних сигналів. Варто відзначити, що дискретна форма подання інформації (набір окремих бітів) має кінцеву кількість значень, на відміну від подання інформації аналоговою величиною. Бітом в мікропроцесорній техніці називають один дискретний сигнал, який слугує мінімальною одиницею цифрової інформації. Водночас кожен дискретний сигнал (біт) набуває тільки два значення – біт увімкнений, що має високий рівень сигналу (стан логічної 1), та біт вимкнений (стан логічного 0). Системи автоматичного контролю використовують один дискретний сигнал з метою фіксації моменту, коли вимірювана величина виходить за допустимі межі.

Сукупність бітів, що відтворюють цифри на цифровому індикаторі відлікового пристрою, називають візуальним цифровим сигналом. Набір

декількох бітів відповідає одній з цифр вимірюваної величини, що подається в дискретній формі.

Однією з основних операцій для сучасних засобів вимірювання виступає перетворення інформації з аналогової форми у цифрову і навпаки. У сучасних ЗВ за допомогою аналогового цифрового перетворювача (АЦП), аналогові сигнали з датчиків спочатку перетворюються у цифрову форму. А вже сигнал в цифровій формі, потрапивши до мікропроцесорного пристрою, обробляється й, за необхідності, здійснюється його цифрова корекція. На наступному кроці цифровий сигнал з використанням ЦАП знову перетворюється в аналоговий, проте вже уніфікований сигнал, що в подальшому подається до каналів зв'язку. [17, 18, 24, 25, 27].

Варто пам'ятати, що вимірювання ФВ виконуються різними методами, кожен з яких реалізується окремим засобом вимірювання, що, в свою чергу, є узагальненим поняттям, реалізованим у певному пристрої, що має одну з ознак:

- мають нормовані метрологічні характеристики;
- відтворюють ФВ заданого розміру;
- формують сигнал, що несе інформацію про розмір (значення) вимірюваної (ФВ).

ФВ, вимірювання якої проводиться, завдяки ЗВ трансформується у відповідний сигнал вимірювальної інформації, в подальшому спостерігач безпосередньо сприймає її на шкалі ЗВ, чи отримує інформацію, після перетворення та обробки, через канали зв'язку за допомогою інших ЗВ у вигляді сигналу абсолютно іншої ФВ. Тому будь-який ЗВ можна уявити у вигляді ланцюга певної структури, що складається з окремих функціональних елементів (перетворювачів), які об'єднані в єдиний пристрій. ЗВ можуть бути абсолютно різної складності, рівень якої визначається фізичною природою вимірюваної величини, а також швидкістю її зміни в часі та допустимою похибкою при її вимірюванні, також важливе значення має тип обраного приладу для відліку.

Варто знати, що елемент ЗВ – це найпростіший у функціональному розумінні пристрій (схема), що призначений для виконання лише однієї з послідовних операцій щодо перетворення сигналу вимірювальної інформації. Основними операціями перетворення є:

- перетворення ФВ, що вимірюється, в сигнал, який однозначно пов'язаний з інформацією про вимірювану величину;
- реалізація логічних операцій з різними сигналами та їх зберігання;
- перетворення сигналу за величиною енергії (підсилення);
- перетворення сигналу з одного виду енергії в інший (неелектричний в електричний і навпаки)
- перетворення дискретного сигналу в аналоговий і навпаки;
- функціональне перетворення сигналу (кусково-лінійна апроксимація, лінеаризація);

- перетворення сигналу змінного струму в постійний чи навпаки (де-модуляція і модуляція);
- порівняння сигналів а також утворення керувального сигналу (пр. функція контролю).

### 2.3.3 Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання

Основними метрологічними характеристиками для ЗВ, які в обов'язковому порядку визначаються у випадку проведення метрологічних досліджень (повідка чи метрологічна атестація), є: 1) клас точності; 2) похибка вимірювань; 3) діапазон вимірювання; 4) характеристика перетворення; 5) чутливість та поріг чутливості; 6) варіація; 7) швидкодія [16, 17, 18, 21, 22].

Також до метрологічних характеристик ЗВ відносять: точність; стабільність; правильність; збіжність.

Перераховані метрологічні характеристики дозволяють оцінити технічний рівень та якість ЗВ а також наперед спрогнозувати результати вимірювань з використанням обраних ЗВ.

Важливим поняттям є похибка вимірювань ЗВ, що характеризує відхилення результату вимірювання ФВ обраним ЗВ від його істинного значення. Функціональну залежність між вихідним сигналом та вхідною вимірюваною величиною ЗВ відображає характеристика перетворення ЗВ. Інтервал вимірюваної величини, похибки ЗВ в межах якого нормовані, називають *діапазоном вимірювання*. Найбільшу різницю між двома показами ЗВ, коли одне і те саме значення вимірюваної величини досягається внаслідок збільшення та зменшення ФВ, називають *варіацією ЗВ*.

Чутливістю ЗВ(S) називають відношення зміни вихідної величини ЗВ до зміни вхідної вимірюваної ФВ, яка спричинила цю зміну,

$$S = \Delta L / \Delta A, \quad (2.1)$$

де  $\Delta L$  – зміни вихідної величини ЗВ,

$\Delta A$  – зміна вхідної вимірюваної ФВ у відповідних одиницях.

Чутливість визначається в іменованих одиницях, що залежать від природи ФВ, яка вимірюється вихідним ЗВ (для двигуна – об/с\*В; для реостатного перетворювача (реохорда) – Ом/мм; для термопари – мВ/К). У випадку, коли ЗВ складається з ланцюга перетворювачів, його чутливість визначається добутком чутливостей усіх перетворювачів ланцюга. Найменше значення вимірюваної величини, що його може виявити ЗВ, називають *порогом чутливості ЗВ*.

Гарантовані межі значень для основної та додаткової похибок ЗВ визначає *клас точності* ЗВ. Час реагування ЗВ при зміні вхідної вимірюваної величини характеризує *швидкодія* ЗВ. В свою чергу, близькість до нуля похибки ЗВ показує *точність* ЗВ. Наближеність до нуля систематичної похибки ЗВ характеризує *правильність* ЗВ. Наближеність результатів вимірювання для однієї і тієї ж величини ЗВ при однакових умовах характе-

ризує збіжність ЗВ. А незмінність у часі метрологічних характеристик ЗВ характеризує стабільність ЗВ.

#### 2.3.4 Похибки результатів та засобів вимірювань

Результати вимірювання (РВ) будь-якої ФВ з використанням засобів вимірювання дають приблизну оцінку її значення, оскільки результат вимірювань загалом залежить від використаного ЗВ та методу, ФВ та людини, що їх проводить. Похибка вказує на якість РВ та ЗВ. Тобто, похибка вимірювань виступає критерієм якості проведених вимірювань та показує відхилення результату вимірювання ФВ від істинного значення. З метою оцінення характеристик ЗВ та РВ використовують поняття похибки.

У першу чергу, потрібно відрізнити похибку засобу вимірювання а також похибку результату вимірювань. Це не одне й те саме.

*Похибка результату вимірювань*  $\Delta_{РВ}$  – це число, яке показує можливі межі невизначеності значення вимірюваної фізичної величини (ФВ), тобто,  $\Delta_{РВ}$  оцінює відхилення результату  $X_{\text{вим}}$  вимірювання ФВ певним ЗВ від істинного  $Q_{\text{іст}}$  (чи дійсного  $Q_{\text{дійс}}$ ) значення.

Похибка засобу вимірювання  $\Delta_{\text{ЗВ}}$  характеризує властивість ЗВ вимірювати певну ФВ з вже наперед заданою межею невизначеності, а з метою визначення такої властивості ЗВ необхідно попередньо провести його метрологічні дослідження, використовуючи відповідні правила метрологічної атестації або повірки.

За способом числового вираження розрізняють такі види похибок: абсолютна і відносна, також часто використовують приведену похибку (різновид відносних). Абсолютною похибкою вимірювання  $\Delta A$  називається різниця між результатом вимірювання (показом приладу)  $A_{\text{вим}}$  та істинним (дійсним) значенням  $Q_{\text{іст}}$  вимірюваної величини («виміряне мінус істинне») і надається в одиницях вимірюваної величини

$$\Delta A = A_{\text{вим}} - Q_{\text{іст}} = A_{\text{вим}} - Q_{\text{дійс}}. \quad (2.2)$$

Оскільки істинне значення  $Q_{\text{іст}}$  вимірюваної величини невідоме, то невідома й похибка вимірювання. З метою мати хоча б приблизні відомості про  $Q_{\text{іст}}$  у вираз (2.2) підставляють значення вимірюваної величини  $Q_{\text{дійс}}$ .

Оскільки абсолютна похибка в повній мірі не здатна використовуватись як показник точності проведених вимірювань, тому що одне й те ж її значення  $\Delta A = 0,05$  мм при  $Q_{\text{дійс}} = 100$  мм відповідає достатньо високій точності вимірювань, на відміну від випадку, коли  $Q_{\text{дійс}} = 1$  мм – тут точність вимірювань буде низькою. З цієї причини вводять поняття відносної похибки з метою більш чіткого оцінювання точності проведених вимірювань.

Відносною називають похибку вимірювання  $\gamma_S$ , яка визначається як відношення абсолютної похибки вимірювань до істинного  $G_{\text{іст}}$  чи дійсного  $G_{\text{дійс}}$  значення вимірюваної величини у відповідній точці і подається в частках одиниці або у відсотках (%)

$$\gamma_S = (\Delta / G_{\text{дійс}}) 100\% = [(A_{\text{вим}} - G_{\text{іст}}) / G_{\text{іст}}] 100\% = [(A_{\text{вим}} - G_{\text{дійс}}) / G_{\text{дійс}}] 100\%. \quad (2.3)$$

При використанні поняття  $\gamma_s$  для попередньо розглянутого випадку мале значення відносної похибки відповідає високій точності вимірювань  $\gamma_s = (0,05/100)100\% = 0,05\%$ , а велике – низькій:  $y = (0,05/1)100\% = 5\%$ .

Проте використання відносної похибки як оцінки точності РВ іноді непридатне, скажімо, у випадку нормування похибок ЗВ, оскільки дійсне значення вимірюваної величини, відповідно до діапазону його вимірювання (значення міри приведені до взаємодії з ЗВ), може бути рівним нулю. Тоді характер зміни відносної похибки для ЗВ за його діапазоном вимірювання буде мати вигляд гіперболи, а відносна похибка дорівнюватиме нескінченності на початку діапазону ЗВ, при цьому найменше значення буде мати в його кінці. В такому випадку, з метою нормування похибок ЗВ, використовується приведена похибка, різновид відносної [18, 19, 20].

*Приведеною похибкою  $\gamma_{пр}$  (стосовно тільки ЗВ) називається відношення абсолютної похибки до деякого розмаху N шкали ЗВ (чи його діапазону D), що виражається у відсотках (може бути виражене і в частках одиниці),*

$$\gamma_{пр} = (\Delta A / N)100\% = (\Delta A / D)100\%. \quad (2.4)$$

У випадку, коли абсолютна похибка в деякому діапазоні вимірювання є незмінною, приведена похибка також буде незмінною і дорівнюватиме відносній похибці в кінці заданого діапазону.

### **2.3.5 Похибки засобів вимірювання та їхні нормовані значення. Клас точності засобів вимірювання**

Різні ЗВ (вимірювальні прилади і перетворювачі, сенсори, канали ІВС) мають похибки, характер прояву яких може бути суттєво різним: поперше, у одних ЗВ похибка може бути практично адитивна, у інших – присутні і адитивні, і мультиплікативні складові, а у деяких залежність похибки від вимірюваної величини може бути ще складнішою; крім цього, кожний конкретний ЗВ має як випадкову, так і систематичну складові похибки, причому їх співвідношення може бути різним; умови роботи однотипних ЗВ можуть також суттєво відрізнитись.[16, 17, 18, 19, 24, 26].

З метою покращення розуміння метрологічних характеристик кожного окремого ЗВ та змоги завчасно дати оцінку похибці вимірювання для обраного ЗВ, яку він здатен внести в кінцевий результат, використовують так звані нормовані значення похибки ЗВ. *Нормованим значенням похибки* називають межове значення похибки окремого ЗВ, що відповідає класу точності цього ЗВ.

При цьому для ЗВ нормуються основна та додаткові похибки. Межі основної похибки та коефіцієнти впливу додаткових похибок нормуються і вносяться в паспорт кожного ЗВ. Вимоги щодо визначення зазначених меж (нормування похибки ЗВ) побудовані на системі стандартів, що забезпечують єдність вимірювань.

*Основною* називають похибку ЗВ в нормальних умовах його використання. Визначається основна похибка шляхом проведення метрологі-

чних випробовувань ЗВ (метрологічної повірки ЗВ, у випадку, коли ЗВ виготовляються серійно; чи шляхом метрологічної атестації, у випадку, коли ЗВ відносять до нестандартних ЗВ, які виготовляються невеликими партіями).

Важливо визначити що ж таке нормальні умови експлуатації ЗВ. В даному випадку розуміються загальноприйняті умови. Такими умовами вважають: напруга мережі живлення становить 220 В; температура навколишнього середовища становить  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ; відносна вологість коливається від 30% до 80%; тиск знаходиться в межах  $(760 + 25)$  мм рт. ст. (101325 Па); відсутність зовнішніх полів (електричного та магнітного), крім земного або умови, що окремо вказані в паспорті ЗВ.

Основна похибка ЗВ може бути подана як абсолютною, так і приведеною. Клас точності ЗВ визначає основна приведена похибка.

У тих випадках, коли мають місце відхилення від нормальних умов використання ЗВ вводяться додаткові похибки, вони нормуються, вказуючи вплив зміни окремого фактора на покази ЗВ. Цей вплив характеризують коефіцієнти чи відсоток від основної похибки. Скажімо номінальною напругою живлення є напруга в 220 В, напруга може коливатися в межах +10 та -15% від номінального значення, додаткова похибка в цьому випадку не має перевищувати 0,15 основної приведеної  $\gamma_{\text{пр}}$  похибки.

Експлуатаційною називають похибку ЗВ при експлуатації ЗВ в реальних умовах, вона формується з основної похибки та всіх додаткових похибок. Експлуатаційна похибка може значно перевищувати основну похибку, це пояснюється додаванням додаткових похибок до основної. В технічній документації на ЗВ оговорюються усі складові експлуатаційної похибки, вони визначаються при проведенні метрологічних випробовувань, відповідно до методик, розроблених стандартами. Допустимою основною похибкою ЗВ називають найбільшу похибку результатів вимірювання, дозволена стандартом для класу точності ЗВ, що використовується. З метою проведення досліджень з наперед заданою точністю використовують поняття допустимої основної похибки ЗВ.

Класом точності ЗВ називають загальну характеристику цього ЗВ, що визначає гарантовані межі значень додаткової та основної похибок ЗВ, також враховуються й інші властивості ЗВ, що здатні впливати на точність ЗВ. Клас точності ЗВ – це значення основної приведеної похибки ЗВ у відсотках, отримане при проведенні метрологічних досліджень ЗВ та спеціальним чином округлене. Значення, отримані при атестації ЗВ та обрані відповідно до ряду 6-4-2,5-1,5-1,0-0,5-0,2-0,1-0,05-0,02-0,01-0,005-0,002-0,001 і т.д., називають класом точності ЗВ. На шкалу приладу наносять значення класу точності. ЗВ періодично перевіряється на відповідність похибки та класу точності, повірка проводиться при періодичних повірках. Межові значення допустимих похибок і відповідних класів точності ЗВ регламентуються стандартом .



## 2.4 Контроль як базова процедура емпіричного методу пізнання

Сучасний світ потребує все більше і більше інформації, отриманої експериментальним шляхом щодо стану матеріальних об'єктів, яку одержують з використанням спеціальних технічних методів та засобів.

Для прикладу варто згадати експеримент вперше проведений Галілео Галілеєм, на сьогоднішній день його проведення охоплює велику частину теорії методів і засобів створення первинної експериментальної інформації, базується на експериментальних методах пізнання. Описану галузь знань сьогодні називають експериментальною інформатикою, без неї традиційна інформатика існувати не може, але при цьому вона чітко не окреслена.

Важливою рисою процедур експериментальної інформатики є можливість в результаті проведення експерименту отримання інформації про матеріальні об'єкти.

Базовими процедурами експериментальної інформатики слугують вимірювання і контроль, *вони дають* кількісну чи якісну (у вигляді висновку) інформацію про стан об'єкта. За основу для кожної процедури використовують експеримент, він ускладнюється з ускладненням процедур експериментальної інформатики, а саме: випробування, діагностування, дослідження, моніторинг.

Окремі етапи експериментальної інформатики з підвищенням складності містять процедури даного класу та математичну чи логічну обробку результатів таких процедур. Як приклад варто розглянути вимірювальний контроль, який містить в собі вимірювання, контрольні випробування, контроль та вимірювання і т. д. Визначення зв'язків між показниками якості складових процедур є важливим, без відповідного метрологічного забезпечення це неможливо здійснити.

### 2.4.1 Допуск. Вставка. Кількісне оцінювання контролю

Процедура контролю, на відміну від вимірювання, спрямована на розподіл об'єктів на справні та несправні.[16, 17, 23, 26, 28]

Для розподілу об'єктів при контролі вводиться допуск на параметр. Контрольований параметр порівнюється з нормою, заданою у вигляді допуску, і виробляється рішення. Якщо співвідношення з нормою передуює вимірювальним параметрам, то має місце вимірювання – контроль. В цьому випадку норма задається у вигляді вставки.

Допуск – це такі встановлені дослідом або розрахунками межі для значень параметрів об'єкта контролю, коли він здатен виконувати всі задані функції, зберігаючи свої експозиційні показники при певних умовах протягом заданого часу. Значення параметра між визначеними межами допуску називають допусковим інтервалом. Допусковий інтервал може займати різне положення стосовно номінального значення параметра. Тобто, допустимий інтервал може бути несиметричним чи симетричним.

*Вставка* є відображенням допуску в масштабі вихідної величини за-собів вимірювання.

*Якість контролю* – ступінь його правдоподібності, який характеризується вірогідністю контролю. Кількісним оцінюванням вірогідності контролю є оцінювання того, що результат контролю відповідає дійсному технічному стану об'єкта, а тому вірогідність контролю може приймати значення від 0 до 1.

*Контролем* називають певний вид управлінської діяльності, що здійснює забезпечення процесу, за допомогою якого керівництво підприємства чи організації визначає доцільність своїх управлінських рішень і напрямки проведення необхідних коректив.

Як суб'єкти контролю можуть виступати колективні та колегіальні органи управління, державні, відомчі органи, функціональний апарат підприємств (об'єднань), громадські організації.

В свою чергу функції і завдання, місії, цілі і стратегії, управлінські рішення, процеси, параметри діяльності, організаційні формування, їх структурні підрозділи та окремі виконавці слугують за об'єкти контролю.

Процес забезпечення досягнення визначених цілей та місії організації і є основним завданням контролю. Об'єктивність і необхідність контролю визначають такі фактори: небезпека виникнення кризових ситуацій; невизначеність середовища (зміна законів, структури організації, технології, політики, ринку, складу працівників організації тощо); тиск з боку конкурентів; боротьба за ринки збуту товарів; доцільність підтримки успіху організації і т. ін.

Контроль виконує профілактичну і захисну функції, сприяє правильному витрачання ресурсів, збереженню власності, дотриманню планової, трудової, фінансової та виконавчої дисциплін, а також відіграє важливу виховну функцію. Контроль проводиться з дотриманням нормативів витрачання коштів, матеріалів і сировини, законності при здійсненні господарських операцій, виконанні певних правил і регламентів діяльності. В зв'язку з постійною дією збурювальних факторів (несвоєчасна поставка комплектуючих агрегатів, несприятливі погодні умови, несвоєчасне постачання запасних частин, зміна кон'юнктури ринку та ін.) на керований об'єкт завжди виникає потреба мати інформацію (певну оцінку) з метою адекватного реагування на нову ситуацію, тому контроль є необхідним. Він здійснюється з метою виявлення суперечливих тенденцій та протиріч і досягнення узгодженості та синхронізації зусиль виконавців у їх діяльності.

Мескона, Альберта та Хедоурі визначають мету контролю як сприяння відповідності фактичних результатів очікуваним, саме тому види контролю відрізняються в процесі управління організацією за часом його здійснення.

## 2.4.2 Показники вірогідності прийняття контролю

З метою виконання контролем свого справжнього завдання (забезпечення досягнення мети організації) контроль має мати перераховані характеристики: економічність контролю; орієнтація на результати; стратегічна спрямованість контролю; своєчасність контролю; простота контролю; відповідність справі; гнучкість контролю.

Широкого поширення набула універсальна автоматизована система контролю за виконанням і оцінюванням якості роботи службовців (УАСКВ) на базі ЕОМ. На окремих промислових підприємствах впроваджено та успішно функціонує УАСКВ. Це комплекс взаємопов'язаних правил і положень, які визначають порядок видачі завдань окремим працівникам і цілим підрозділам підприємства, система здійснює перевірки строків виконання та дає кількісну оцінку якості виконання цих завдань. Також здійснює автоматизовану обробку інформації, що пов'язана з контролем виконання та дозволяє отримати кількісну оцінку якості роботи колективів і навіть окремих працівників, враховуючи моральне та матеріальне стимулювання цих працівників.

## 2.4.3 Помилкові рішення, вірогідність прийняття рішень за результатами контролю

При аналізі результатів контролю часто використовують ймовірність помилкових рішень  $P_{ном}$ , яку визначають як

$$P_{ном} = 1 - B,$$

де  $B$  – вірогідність контролю.

Помилкові рішення при контролі мають дві складові, які носять назву хибна відмова  $P_x$  та невизначена відмова  $P_n$ . В теорії контролю для цих подій існують такі відповідні назви: похибка першого роду або ризик виробника та похибка другого роду або ризик споживача.

Ймовірність помилкового рішення можна записати як

$$P_{ном} = P_x + P_n,$$

де  $P_x$  – ймовірність того, що об'єкт справний  $C$  (в нормі), а результат контролю негативний (не придатний  $\bar{П}$ );

$P_n$  – ймовірність того, що об'єкт несправний  $\underline{C}$ , а результат контролю позитивний (придатний  $П$ ).

Важливо підкреслити, що попереджувальні дії за напрацюванням або за результатами контролю параметрів зменшують, але не унеможливають ймовірність відмови елемента до моменту відновлення, оскільки при визначенні напрацювання до відмови, або основних показників ми оперуємо детермінованими, а не випадковими величинами. Тому не унеможливується відновлення в окремих випадках після відмови тих елементів, для яких передбачалась попереджувальна дія.

#### 2.4.4 Багатопараметричний контроль та його показники

Необхідно здійснити контроль об'єкта, який може знаходитися в одному з можливих станів: справний «С» або несправний – «С».

При контролі багатопараметричного об'єкта під імовірністю хибної відмови  $P_x$  розуміють імовірність того, що всі  $n$  параметрів об'єкта знаходяться в допуску (об'єкт справний) і хоча б один параметр за результатами контролю був визнаний не в нормі. Ймовірність невизначеної відмови  $P_H$  в цьому випадку є імовірністю того, що серед  $n$  параметрів має місце хоча б один не в допуску (об'єкт є несправним) і за результатами контролю об'єкт був визнаний «придатним» [16, 17, 28, 29, 34, 35].

Виходячи з цього, можна записати

$$P_x = P(C) - P_B(\Pi), \quad (2.5)$$

де  $P(C) = \prod_{i=1}^n (P(C_i))$  – імовірність того, що всі параметри об'єкта знаходяться в допуску;

$P_B(\Pi_i) = \prod_{i=1}^n (P(C_i) - P_{Xi})$  – імовірність прийняття правильного рішення – «придатний»;

$P(C_i)$  – імовірність справного стану  $i$ -го елемента;

$P_{Xi}$  – імовірність того, що  $i$ -ий елемент об'єкта справний.

Тоді

$$P(C) = \prod_{i=1}^n (P(C_i)) - \prod_{i=1}^n (P(C_i) - P_{Xi}). \quad (2.6)$$

Для визначення імовірності невизначеної відмови будемо виходити з виразу

$$P_H = P(\Pi) - P_B(\Pi), \quad (2.7)$$

де  $P(\Pi) = \prod_{i=1}^n (P(C_i) - P_{Xi} + P_{Hi})$  – імовірність того, що об'єкт є придатним;

$P_{Hi}$  – імовірність того, що  $i$ -ий елемент об'єкта несправний, а результат контролю позитивний.

Підставимо значення  $P(\Pi)$  і  $P_B(\Pi)$ , будемо мати

$$P(C) = \prod_{i=1}^n (P(C_i) - P_{Xi} + P_{Hi}) - \prod_{i=1}^n (P(C_i) - P_{Xi}). \quad (2.8)$$

Виходячи з виразів (2.5–2.8) для абсолютних показників багатопараметричного контролю (С – справний, D – придатний), можна отримати вирази для вірогідності результату «придатний» –  $D(\Pi)$  і «непридатний» –  $D(\bar{\Pi})$

$$D(\Pi) = \frac{\prod_{i=1}^n (P(C_i) - P_{Xi})}{\prod_{i=1}^n (P(C_i) - P_{Xi} + P_{Hi})} = \prod_{i=1}^n (D(\Pi_i)); \quad (2.9)$$

$$D(\bar{\Pi}) = 1 - \prod_{i=1}^n (D(\Pi_i)), \quad (2.10)$$

де  $D(\bar{\Pi})$  – вірогідність результату «непридатний», отриманого при контролі  $i$ -того параметра об'єкта.

## 2.5 Ідентифікація як емпіричний метод пізнання

Термін «ідентифікація» походить від латинського, що означає ототожнення, встановлення збігу чогось з чимось. Але в сучасних науках це поняття набуває різної інтерпретації, що далеко не завжди обмежується простим ототожненням «як речі самій собі ( $A = A$ ), так і різних речей між собою» [37].

Ідентифікація виступає як складова частина науково-дослідного процесу моделювання й означає в цьому сенсі ототожнення моделі з об'єктом-оригіналом. У хімії названий метод означає встановлення подібності досліджуваної нової сполуки до вже відомої речовини на основі тотожності всіх показників, виявлених шляхом зіставлення наслідків аналізу складу й будови нової сполуки, а також фізичних та хімічних властивостей з відповідними характеристиками відомої речовини. Ідентифікація давно набула значного поширення і в науках про людину та суспільство. У психології та соціології її звичайно розуміють як процес емоційного й когнітивного ототожнення та самоототожнення індивіда з іншою людиною, групою чи якоюсь субкультурою моральних норм та цінностей [37].

Для філософа метод ідентифікації постає у вигляді пізнавальної реконструкції, що синтезує єдність системи-об'єкта, мислену його модель, у якій він постає перед дослідником, у взаємозалежностях буття й мислення. Ці думки М. Хайдеггера були продиктовані його стурбованістю відчуженням людини від духовних продуктів своєї діяльності [37, 38].

Ідентифікація розглядається як метод соціалізації особи, набуття дитиною спільних рис поведінки з батьками, виявлення в індивіда таких ознак, які дозволяють його віднести до певної соціальної групи, спільноти. Ідентифікація виступає також моментом герменевтичного підходу до соціологічних та соціально-психологічних досліджень, означаючи емоційне злиття дослідника з об'єктом, з особою, що є предметом дослідження.

Одну з важливих ролей відіграє категорія деідентифікації. Як зазначає Л. Г. Іонін, «ідентифікації інституціоналізовані, тобто пов'язані з такими основними інститутами, як сім'я, держава, економіка, освіта та іншими, і виявляються через відповідність поведінки інституціональним вимогам і відповідну реакцію інститутів. Тому руйнування або різка змістовна зміна

інститутів, у яких були соціалізовані індивіди, викликають масову втрату ідентифікації, помітну в масштабах суспільства».

### **2.5.1 Параметричні методи ідентифікації**

Особливо актуальним дане питання є для складних динамічних об'єктів, що потребують попередньої розробки математичної моделі [39]. Проте інформації для моделювання таких об'єктів вкрай мало. Під час моделювання системи можна виділити два типи інформації про об'єкт: апіорна та апостеріорна [39]. Перший тип – фізичні властивості та закони, котрі доречні у розробці, а також теоретично виявлені умови коректного результату роботи системи. Другий тип – експериментально отримані результати спостережень за параметрами об'єкта в процесі експлуатації. Наступним кроком буде ідентифікація найменш значущих параметрів та їх вилучення [40]. Після цього створюють математичну модель об'єкта [41] та, використовуючи апостеріорні дослідження, оцінюють точність проведення оптимізації й обирають спосіб оцінення правильності отриманих результатів. Процес ідентифікації буде мати таку послідовність дій [43]:

- знаходження значення моделі для початкових параметрів системи на проміжку заздалегідь обраного часу;
- порівняння експериментально отриманих і нових даних, знаходження нових параметрів;
- покрокове зменшення параметрів в окремі проміжки часу.

Існує можливість перевірки результатів мінімізації за різними критеріями. Тут передбачено використання функціонала якості, який допомагає оцінити точність. «Для задачі параметричної ідентифікації виділяють такі функціонали:

- середньоквадратичний критерій – розходження теоретичних та експериментальних значень, піднесене до другого степеня. Він є нерозривним, що дозволяє використовувати метод градієнтного спуску, однак кожен показник (навіть несуттєвий або випадковий) суттєво впливає на значення;
- мінімаксна функція – різниця експериментальних і модельних даних за модулем. Вона менше реагує на «шуми», однак є розривною, тому недоступна для диференційованих методів;
- функція-нев'язка – різниця між значеннями функції та значеннями ознак параметрів. Вона дозволяє, за лінійності функцій моделі, звести все до задачі лінійної ідентифікації, однак не є актуальною у випадку багатовимірної мінімізації. Після добору алгоритму мінімізації та функціонала якості настає етап реалізації параметричної ідентифікації. Важливо зазначити, що параметри будуть змінюватися для кожного окремо взятого моменту часу, тобто в конструйованому об'єкті має бути можливість фізично неперервно впливати на його значення» [43].

Така інформація дозволить обрати коректний алгоритм для отримання гарантованої точності та правильності алгоритму.

### 2.5.2 Непараметрична ідентифікація

За непараметричними методами ідентифікації моделі шукають у вигляді кривих розгону, імпульсних перехідних характеристик, амплітудно-фазових, амплітудно- та фазочастотних характеристик; або у вигляді диференціальних рівнянь, або функцій передавання з невизначеним порядком; інтегральних і спектральних рівнянь. Непараметричні методи ідентифікації в явному вигляді не використовують скінченновимірний вектора її параметрів [41]. Для всіх методів непараметричної ідентифікації потрібна лише апріорна інформація про можливість лінеаризації системи [42] і відсутня необхідність у припущеннях щодо прийнятної структури математичної моделі. Тому ці методи добре підходять до систем із зосередженими та розповсюдженими параметрами з довільним ступенем складності. Однією з найпростіших структур, яка використовується для опису динамічних процесів в дискретних системах, є кінцева імпульсна характеристика (КІХ) [43, 44].

КІХ-структура дозволяє уникнути складних обчислень та висування припущень щодо порядку ідентифікованої системи; водночас відсутня можливість моделювання нестійких процесів, значна кількість оцінюваних параметрів, особливо для повільнодіючих систем.

Результатом дії моделі кінцевої системи (МКС) є отримання пари змінених вхідного «u» та вихідного «y» сигналів системи в часовому просторі

$$U_{ст} = u_{змін}(k) = u_{ориг}(k) p_{лф}(k), \quad (2.11)$$

$$Y_{ст} = y_{змін}(k) = y_{ориг}(k) p_{лф}(k), \quad (2.12)$$

де  $u_{ориг}(k), y_{ориг}(k)$  – вхідний та вихідний сигнали, причому  $u_{ориг}(k)$  є поганою апроксимацією  $u_{ст}(k)$ ;

$p_{лф}(k)$  – імпульсна характеристика (ІХ) деякого лінійного фільтра, який забезпечує (2.11), (2.12);

$u_{ст}(k)$  – ідеальний СТС;

$y_{ст}(k)$  – реакція на  $u_{ст}(k)$ .

Через скінченність реалізацій вхідних і вихідних сигналів, простоту створення, постійну стійкість, необхідність отримання характеристик, що не можуть бути отримані фільтрами з нескінченною ІХ,  $p_{лф}(k)$  отримують у вигляді КІХ-фільтра.

### 2.5.3 Метод рекурентного оцінювання

Рекурентний метод обробки інформації дозволяє отримати оцінку параметра після кожного досліду. Для пояснення рекурентного (послідовного) методу отримання оцінок вважаємо, що зроблено  $m$  вимірювань параметра  $x$ , тобто,

$$z_i = x + v_{zi}, \quad (2.13)$$

де  $x$  – вимірюваний параметр;

$v_{zi}$  – похибка  $i$ -го спостереження.

За результат оцінювання вимірюваного параметра  $x_m$  при проведенні спостережень візьмемо

$$x_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m z_i. \quad (2.14)$$

Тоді на черговому  $(i + 1)$ -му кроці вимірювань значення оцінки  $x_{m+1}$  має вигляд

$$x_{m+1} = \frac{\left( \sum_{i=1}^m z_i \right) + z_{m+1}}{m+1} = \frac{m}{m+1} \left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m z_i \right) + \frac{1}{m+1} z_{m+1}, \quad (2.15)$$

або

$$x_{m+1} = \frac{m}{m+1} x_m + \frac{1}{m+1} z_{m+1}, \quad (2.16)$$

де  $z_{m+1}$  – останнє  $(m + 1)$ -те спостереження.

Додамо та віднімемо з правої частини виразу значення  $x_m$ , як наслідок отримаємо

$$x_{m+1} = x_m + \left( \frac{m}{m+1} - 1 \right) x_m + \frac{1}{m+1} z_{m+1} = x_m - \frac{1}{m+1} x_m + \frac{1}{m+1} z_{m+1}. \quad (2.17)$$

Остаточно можна записати

$$x_{m+1} = x_m + \frac{1}{m+1} (z_{m+1} - x_m). \quad (2.18)$$

Або, позначивши  $\frac{1}{m+1} = k$ ,

$$x_{m+1} = x_m + k(z_{m+1} - x_m). \quad (2.19)$$

Отже, оцінку  $x_{m+1}$  можна отримати з попередньої оцінки  $x_m$  шляхом складання її з різницею між новим спостереженням  $z_{m+1}$  та попередньою оцінкою, помноженою на коефіцієнт ваги  $k$ . У цьому випадку зникає необхідність зберігати  $m$  спостережень, отриманих на попередніх кроках вимірювання, оскільки вся попередня інформація об'єднана в апріорній оцінці  $x_m$ .

Рекурентний алгоритм пов'язує поточне значення оцінки  $x_{m+1}$  з її попереднім значенням  $x_m$ .

Різниця  $(z_{m+1} - x_m)$  стає показником цінності інформації, яку отримують при проведенні  $(z_{m+1})$ -го спостереження. Дійсно, якщо ця різниця близька до нуля, то зафіксоване спостереження  $z_{m+1}$  не несе будь-якої нової інформації порівняно з апріорною, і в цьому випадку

$$x_{m+1} \equiv x_m. \quad (2.20)$$



Навпаки, при великій різниці ( $z_{m+1} - x_m$ ), з урахуванням вагового коефіцієнта, здійснюється суттєве уточнення оцінки  $x_m$ , отриманої на попередньому кроці розрахунків.

Але коефіцієнт  $1/(m+1) = k$  отримано без використання критерію оптимальності, тому оцінка  $x_{m+1}$  також не є оптимальною, що знижує цінність даного методу обробки інформації.

## 2.6 Діагностика як емпіричний метод дослідження

Технічна діагностика – наукова дисципліна, зміст якої вивчення чи визначення дійсного технічного стану об'єкта та характеру його змін з часом. Вона спрямована на дослідження форм прояву технічного стану об'єкта та розробку принципів побудови систем діагностування.

Під технічним станом (technicalstate) (ТС) об'єкта діагностування розуміють сукупність властивостей об'єкта чи їх залежностей між собою, які можуть змінюватись під дією зовнішніх факторів, що визначаються в певний момент часу за певних умов зовнішнього середовища певними значеннями діагностичних показників відповідно до норм [45].

Об'єктом діагностування може бути технічний виріб будь-якої складності чи його складові частини, технічний стан яких визначається в процесі діагностування.

Технічне діагностування (ТД) об'єкта є інформаційною процедурою, метою якої має бути відображення його технічного стану у вигляді висновку про характер та важливість цього стану. Такий висновок щодо результату діагностування має назву технічного діагнозу або просто діагнозу.

Технічна діагностика як наукова дисципліна ґрунтується на таких основних принципах:

- принцип причинно-наслідкових зв'язків;
- принцип використання мінімальної інформації щодо технічного виробу під час його діагностування при максимумі інформації про цей виріб як об'єкт діагностування (мінімум апостеріорної інформації при максимумі апріорної інформації щодо бази знань);
- принцип застосування тільки неруйнівних дій, що не можуть за час проведення діагностування змінити технічний стан виробу.

В технічній діагностиці (ТД) розглядають такі основні властивості об'єкта (виробу): надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, функція реакції, контролепридатність.

Надійність (reliability) — властивість об'єкта виконувати задані функції в заданому об'ємі при визначених умовах функціонування.

Безвідмовність (safetymargin) – властивість об'єкта неперервно зберігати роботоздатність протягом визначеного часу.

Довговічність (durability) – властивість об'єкта зберігати роботоздатність до моменту виникнення межового стану виробу при визначеній системі технічного обслуговування.

Ремонтопридатність (serviceability) — властивість об'єкта, яка полягає в пристосованості до попередження та можливості визначення причин виникнення відмов, несправностей та усунення їх наслідків.

Функція реакції – властивість об'єкта реагувати на зовнішні збурювальні фактори.

Контролепридатність – властивість об'єкта забезпечувати вірогідну оцінку його ТС та раннє визначення несправностей та відмов.

В технічній діагностиці розглядають такі стани об'єкта: справний – несправний, роботоздатний – нероботоздатний, робочий, межовий, критичний.

Справний – це такий стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам, які встановлені нормативно-технічною документацією.

Несправний – це такий стан об'єкта, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог, яка встановлена нормативно-технічною документацією.

Роботоздатний – це такий стан об'єкта, при якому він здатен виконувати всі або частину заданих функцій в повному або неповному обсязі. Тобто, коли виріб роботоздатний, він може бути справним або несправним.

Нероботоздатний – це такий стан об'єкта, при якому він не здатен виконувати всі задані функції. Тобто, коли нероботоздатний, то обов'язково і несправний.

Робочий – це такий стан об'єкта, при якому об'єкт виконує всі задані функції.

Межовий стан відображає такий стан виробу, при якому його подальше використання є недопустимим чи недоцільним згідно з вимогами безпеки або відновлення роботоздатного стану просто неможливе.

Критичний стан пов'язаний з таким станом, коли подальше застосування виробу може призвести до аварії чи катастрофи з неприпустимими наслідками.

Основні події та процеси: несправність, відмова, вимкнення, відновлення, старіння, обслуговування, ремонт, локалізування відмов, пошук пошкоджень.

Несправність – це порушення справності об'єкта або його елементів під впливом зовнішньої дії, яка перевищує рівень, установлений нормативно-технічною документацією.

Відмова – це подія, яка полягає в порушенні роботоздатного стану об'єкта.

Вимкнення – це перехід об'єкта з робочого стану в неробочий.

Відновлення – це подія, яка полягає в переході об'єкта з нероботоздатного стану в роботоздатний.

Ввімкнення – це перехід об'єкта з неробочого стану в робочий.

Старіння – це процес поступової, незворотної, неперервної зміни фізико-хімічних властивостей об'єкта.

Обслуговування – це сукупність заходів, які передбачаються для збереження або відновлення справного стану об'єкта.

Ремонт – це сукупність заходів, які передбачаються для відновлення робоздатності об’єкта.

Локалізування відмов – це керування об’єктом, спрямоване на зменшення наслідків відмов шляхом виділення несправних елементів.

Пошук несправностей – це комплекс вимірювальних та логічних операцій з локалізування несправного елемента.

### 2.6.1 Цілі та задачі технічної діагностики. Діагностичне забезпечення

Основна ціль ТД – визначення виду технічного стану об’єкта, в першу чергу, складного. Однак ТД не можна розглядати як частину контролю. Процес перевірки технічного стану об’єкта – це процес керування цим об’єктом, який виконується за визначеною програмою. Побудова програми перевірки, оптимальної для тої або іншої цільової функції оптимізації, рівнозначна організації відповідного оптимального процесу керування, результатом якого є визначення технічного стану.

Процес перевірки здебільшого являє собою процес керування з багаторазовою подачею керувальних дій, коли керувальна дія може бути складною, а послідовність її подачі залежить від реакції об’єкта на попередні дії. Функціональну схему діагностичної системи керування можна зобразити, як показано на рис. 2.1.

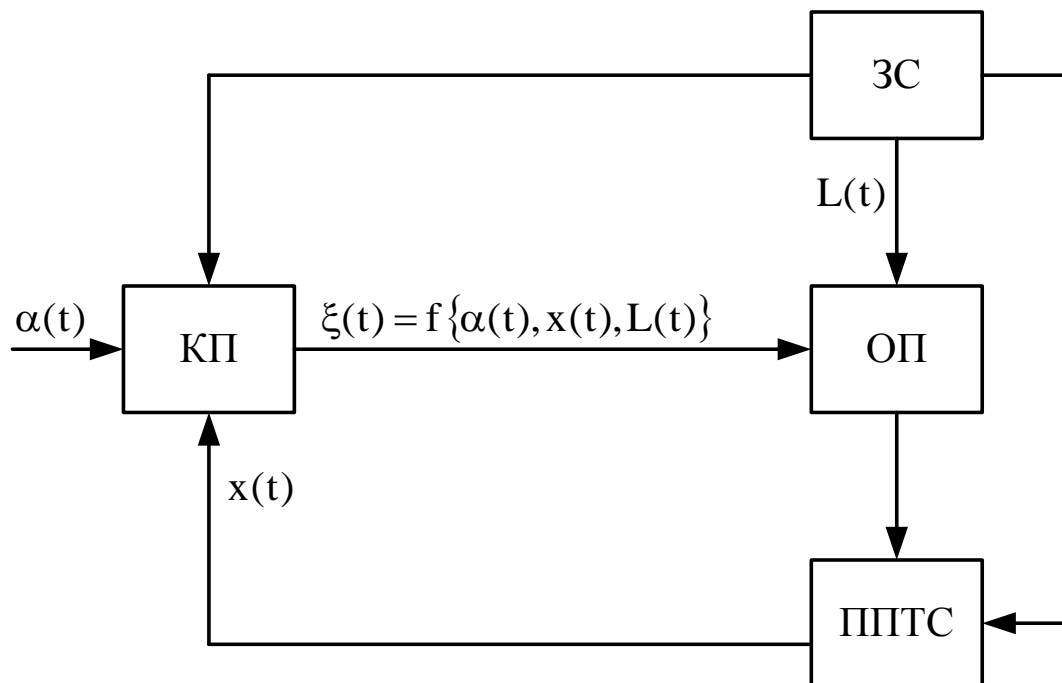


Рисунок 2.1 – Функціональна схема діагностичної системи керування

ОП – об’єкт перевірки; ЗС – зовнішнє середовище; ППТС – підсистема перевірки ТС об’єкта; КП – пристрій керування;  $\alpha(t)$  – задана мета керування;  $x(t) \{x_1; \dots; x_n\}$  – параметри перевірки ТС об’єкта;  $L(t)$  – параметри зовнішнього середовища;  $\xi(t) = f \{ \alpha(t), x(t), L(t) \}$  – керувальна дія

Отже, ТД розглядає специфічні процеси керування, які потребують розробки спеціальних методів дослідження оптимальних процесів керування. Перевірка та відновлення ТС об'єкта становлять суть керування ТС. Ефективна організація такого керування є головною метою ТД, яка виступає одним із засобів підвищення надійності. Підвищення надійності є основною сферою застосування ТД.

Більш чітку уяву про межі застосування ТД можна отримати, розглянувши різні типи задач визначення ТС. Найбільш поширеною є задача визначення ТС об'єкта в даний момент часу. Це задача діагнозу (розпізнавання, визначення). До другого типу відносять задачі з передбачення ТС, в якому об'єкт буде знаходитись в деякий момент часу в майбутньому. Це задача прогнозу. До третього типу відносять задачі з визначення ТС об'єкта, в якому він знаходився в минулому. Це задача генеза (походження, виникнення). Задачі першого типу відносять до власне ТД, другого – до технічної прогностики (ТП), третього – до технічної генетики (ТГ).

До задач ТП відносять, наприклад, задачі з визначення терміну роботи виробу, періодичності його профілактичних перевірок та ремонту. Розв'язування їх здійснюють шляхом визначення можливих або ймовірних еволюцій ТС виробу, які починаються його дійсним технічним станом.

Задачі технічної генетики виникають, наприклад, в зв'язку з необхідністю проводити розслідування аварій та їх причин, коли дійсний технічний стан об'єкта відрізняється від стану, в який він перейшов в минулому, в результаті появи першопричини, що викликала аварію. Розв'язання задачі здійснюють шляхом визначення можливих або ймовірних передісторій, які призвели до теперішнього технічного стану об'єкта перевірки.

Отже, знання дійсного технічного стану об'єкта перевірки є обов'язковим як для генезу, так і для прогнозу, тому технічна діагностика є основою як технічної генетики, так і технічної прогностики.

**Діагностичне забезпечення технічних виробів**

Діагностичне забезпечення – це сукупність взаємопов'язаних правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення технічного діагностування на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

При складанні вимог до технічного забезпечення необхідно визначити, на яких етапах життєвого циклу виробу застосовується технічне діагностування відповідно до поставлених домінант кожного етапу. На рис. 2.2 показано застосування технічної діагностики на концептуальному рівні.

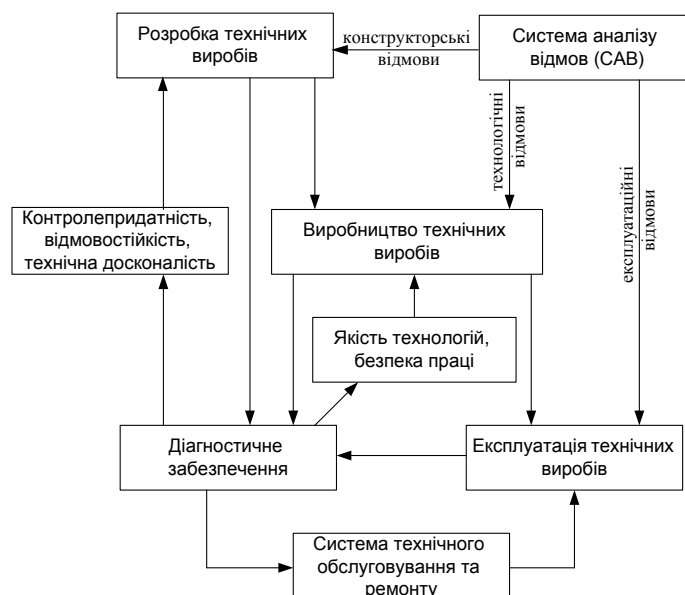


Рисунок 2.2 – Застосування ТД на всіх етапах життєвого циклу об’єкта

В сучасній промисловості при виробництві та експлуатації (maintenance) найбільш відповідальної техніки існує спеціальна система аналізу відмов (СAB), що допомагає постійно слідкувати за появою відмов і несправностей та встановлювати причини їх виникнення. В загальному випадку визначають конструкторські, технологічні та експлуатаційні відмови. Інформація про характер відмов і причини їх виникнення дозволяє сформулювати вимоги до діагностичного забезпечення на основних етапах життєвого циклу об’єкта: розробки, виробництва та експлуатації (рис. 2.2).

Коли на етапі розробки вирішується питання технічної досконалості виробу, то перш за все визначається його пристосованість до діагностування, тобто контролепридатність, відмовостійкість, технічна досконалість.

На етапі виробництва виробу вирішальним є забезпечення якості технології виготовлення та безпека праці при його виготовленні. Тому виріб як об’єкт діагностування має бути пристосований для вияву відмов та несправностей при його застосуванні під час експлуатації. Метою діагностування технічного виробу на етапі експлуатації є підтримання встановленого рівня надійності, забезпечення всіх вимог безпеки та високої ефективності використання виробу за призначенням при встановлених нормативах обслуговування. Для цього створюється система технічного обслуговування та ремонту (СТОР).

### 2.6.2 Види та методи технічного діагностування

Розрізняють такі види технічного діагностування: робоче технічне діагностування, тестове технічне діагностування, експрес-діагностування, прогнозувальне технічне діагностування [46, 47].

Методи технічного діагностування – це сукупність способів та умов використання технічних засобів і відповідних процедур для визначення

технічного стану об'єкта в процесі робочого, тестового чи експрес-діагностування або для визначення фізичного стану об'єкта в процесі прогнозувального діагностування.

Розрізняють алгоритмічний (операторний), сигнально-параметричний та фізичний методи діагностування [48, 49].

*Алгоритмічний метод технічного діагностування* заснований на використанні перевірки правильності функціонування об'єкта, або окремих його частин .

При алгоритмічному підході об'єкт діагностування може бути визначений множиною видів технічного стану  $S = \{S_i\}$ , де  $S_i$  – ТС з числа вірогідних станів  $N$  залежно від числа несправностей, що можуть виникнути в об'єкті при його експлуатації, тобто  $i = 1 \dots N$ . Технічний стан такого об'єкта буде визначатись множиною перевірок  $\pi = \{\pi_j\}$ ,  $j = 1 \dots M$ . Результати множини перевірок для всієї множини станів будуть визначатись множиною  $A = \{a_{ij}\}$ , що є матрицею результатів з розмірністю  $N \times M$ . Ця матриця буде відображати діагностичну інформацію, за якою можна визначити діагноз як остаточний висновок з діагностування об'єкта з точним визначенням ТС за умови виконання нерівностей  $a_{ij} \neq a_{ri}$ , де  $r = 1 \dots N$ ;  $i \neq r$ . Така умова може бути інтерпретована так: технічний стан точно визначається тоді і тільки тоді, коли знайдеться хоча б одна перевірка, результати якої будуть різні для двох несумісних станів  $S_i$  і  $S_r$ . Якщо ця умова не виконується, то об'єкт не може бути продіагностований відносно визначення технічного стану або пошуку місця пошкодження.

**Приклад.** Об'єкт складається з шести елементів; відомі входи, виходи і функціональні зв'язки (рис. 2.3).

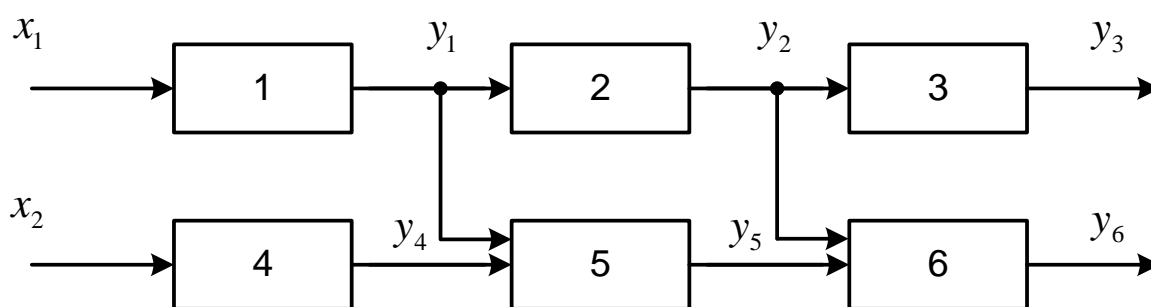


Рисунок 2.3 – Функціональна модель об'єкта

Користуючись функціональною моделлю, побудуємо таблицю функцій станів (таблицю несправностей, табл. 2.1), вважаючи, що одночасно може пошкодитись тільки один елемент, а ймовірність пошкодження кожного з елементів є однаковою і в процесі пошуку пошкоджень елемент не може переходити з одного стану в інший. Елементу, що відмовив, у векторі станів буде відповідати 0, наприклад,  $S_1(0,1,1,1,1,1)$ ;  $S_2(1,0,1,1,1,1)$

Таблиця 2.1 – Таблиця функцій несправностей (технічних станів)

$S_i$	$\pi_i$					
	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$
$S_0$	1	1	1	1	1	1
$S_1$	0	0	0	1	0	0
$S_2$	1	0	0	1	1	0
$S_3$	1	1	0	1	1	1
$S_4$	1	1	1	0	0	0
$S_5$	1	1	1	1	0	0
$S_6$	1	1	1	1	1	0

Користуючись таблицею несправностей, побудуємо діагностичний тест для визначення технічного стану та пошуку несправностей в об'єкті. Для цього побудуємо таблицю покриття (табл. 2.2) перевітками двох станів за правилом, що сума двох рядків 1+1 та 0+0 дає 0, а 1+0 та 0+1 дає 1.

Таблиця 2.2 – Таблиця покриття ОД

$S_i$	$\pi_i$					
	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$
$S_{01}$	1	1	1	0	1	1
$S_{02}$	0	1	1	0	0	1
$S_{03}$	0	0	1	0	0	0 $\checkmark$
$S_{04}$	0	0	0	1	1	1
$S_{05}$	0	0	0	0	1	1
$S_{06}$	0	0	0	0	0	1 $\checkmark$

По рядках установленого набору обов'язковими перевітками є  $\pi_3$ ,  $\pi_6$ . Коли одночасно результатом цих перевірок є одиниця, то об'єкт діагностування знаходиться в роботоздатному стані, а коли хоча б один результат дає нуль, то об'єкт є нероботоздатним.

Для другої таблиці покриття (табл. 2.3) обов'язковими будуть переві-

рки  $\pi_4$ ,  $\pi_5$ .

Таблиця 2.3 – Друга таблиця покриття для пошуку пошкоджень

$S_i$	$\pi_i$					
	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$
$S_{12}$	1	0	0	0	1	0
$S_{13}$	1	1	0	0	1	1
$S_{14}$	1	1	1	1	0	0
$S_{15}$	1	1	1	0	0	0
$S_{16}$	1	1	1	0	1	0
$S_{23}$	0	1	0	0	0	1
$S_{24}$	0	1	1	1	1	0
$S_{25}$	0	1	1	0	1	0
$S_{26}$	0	1	1	0	0	0
$S_{34}$	0	0	1	1	1	1
$S_{35}$	0	0	1	0	1	1
$S_{36}$	0	0	1	0	0	1
$S_{45}$	0	0	0	1	0	0 $\checkmark$
$S_{46}$	0	0	0	1	1	0
$S_{56}$	0	0	0	0	1	0 $\checkmark$

Перевіримо покриття цими перевірками всіх рядків і визначимо неперекриті рядки, тобто ті, де результати перевірок  $\pi_4$ ,  $\pi_5$  – 0, 0; 1, 1. Це рядки  $S_{15}$ ,  $S_{23}$ ,  $S_{24}$ ,  $S_{26}$ ,  $S_{34}$ ,  $S_{36}$ ,  $S_{46}$ . Це означає, що треба призначити додаткові перевірки. Ними можуть бути такі  $\pi_1 \wedge \pi_5$ ;  $\pi_2 \wedge \pi_3$ ;  $\pi_2 \wedge \pi_4$ ;  $\pi_2 \wedge \pi_6$ ;  $\pi_3 \wedge \pi_4$ ;  $\pi_3 \wedge \pi_6$ ;  $\pi_4 \wedge \pi_6$ . За допомогою цих додаткових перевірок виконуються вимоги покриття усіх рядків таблиць 2.2 і 2.3.

Таким чином, обов'язковими слід вважати перевірки  $\pi_4$ ,  $\pi_5$ ,  $\pi_3$ ,  $\pi_6$ , за якими і буде встановлюватись діагноз відносно об'єкта діагностування.

Для визначення роботоздатності об'єкта використовують спочатку перевірки  $\pi_3$  і  $\pi_6$ , а потім здійснюють пошук пошкоджень. В останньому випадку послідовність перевірок може бути різною. Наприклад (рис. 2.4), побудова графу повністю визначається логікою дії прямих зв'язків між блоками. Коли за вихідну вершину графу на рис. 2.4 призначити перевірку  $\pi_3$ , то дерево графу за наслідками цієї перевірки розгалужується на дві гілки. Лівій гілці відповідають результати перевірки 1, а правій – 0 таблиці станів (табл. 2.2).



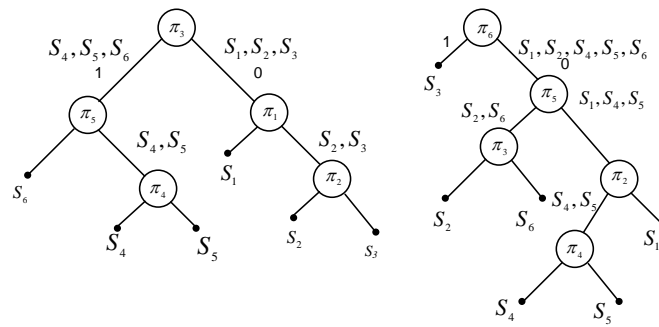


Рисунок 2.4 – Дерево можливих розв’язків

Для того, щоб знайти оптимальний розв’язок, необхідно додати критерій оптимальності та ймовірності станів.

У сигнально-параметричному методі для проведення технічного діагностування використовуються перевірки правильності функціонування об’єкта в цілому чи окремих робочих сигналів або параметрів діючих елементів об’єкта в процесі робочого чи тестового діагностування. В цьому випадку потрібно виконати дві умови: формування сигналу відгуку на несправність; виведення цього сигналу відгуку на зовнішній вихід виробу як носія діагностичної інформації для його обробки та формування діагнозу. Коли одна з цих умов не виконується, то об’єкт вважається непридатним для діагностування.

При фізичному підході можливі дві умови діагностування технічних виробів: за встановленням технічного або фізичного стану, за властивостями фізичного середовища об’єкта діагностування.

Перша умова: існує хоча б один фізичний ефект, що відображає дефект чи несправність об’єкта в певній залежності однієї фізичної величини від іншої через сприйнятливості.

Друга умова: фізичний ефект, що використовується, має властивість спостережуваності, що дозволяє вимірювальними пристроями реєструвати кількісну зміну показників сприйнятливості фізичного середовища об’єкта залежно від його стану.

Показниками, що визначають дієвість діагнозу як висновку процесу діагностування, приймається його вірогідність та точність.

### 2.6.3 Діагностичні моделі аналогових об’єктів, опис функціональних моделей, моделі на основі теорії подібності, ймовірність моделі, моделі витрати ресурсу

Технічний об’єкт в загальному випадку можна розглядати як перетворювач одних величин  $x_i$ , які вводяться в об’єкт спеціально, в інші –  $y_j$ , які виникають на виході та називаються вихідними. Це перетворення можна записати так

$$\bar{Y} = A \cdot \bar{X}, \quad (2.21)$$

де  $\bar{X}$  та  $\bar{Y}$ , відповідно, вектори вхідних та вихідних величин;  $A$  – оператор, який характеризує ці перетворення.

Як модель об'єкта розглядають оператор  $A$ , а умовою роботоздатності при  $t$  буде ступінь відповідності дійсного оператора  $A$  заданому  $A_0$ .

Математичне формування оператора  $A$  може бути різним залежно від природи системи, що розглядається. Однак будь-який стан системи має визначатися оператором однозначно, тобто він є детермінованим. Це складає особливість моделі роботоздатності першого типу. Але обмеженість наших знань фізики процесів зміни роботоздатності (workingcapacity) приводить до потреби використовувати ймовірнісні характеристики, тобто моделі роботоздатності другого типу.

Особливістю моделей першого типу є єдина траєкторія, що визначає детермінований зв'язок роботоздатності з характером пошкодження. В другому випадку в силу гіпотетичності оператора перетворень потрібно враховувати ймовірні характеристики причинно-наслідкових зв'язків.

При використанні детермінованого оператора роботоздатність розглядається з урахуванням того, що нами визначено характер зміни параметрів. При гіпотетичному операторі ми маємо враховувати ймовірні закони зміни параметрів, а роботоздатність оцінюється з допомогою усереднених ймовірних характеристик. Тобто, ми вважаємо, що існує фіксована ймовірність того, що система, яка знаходиться в стані  $i$  в момент часу  $t$  перейде в стан  $j$  в момент часу  $t + \Delta t$ .

Згідно з цим матрицю переходів можна подати як

$$P = \left\| p_{ij} \right\|, \quad (2.22)$$

де  $p_{ij}$  – ймовірність переходу виробу зі стану  $i$  в стан  $j$ , причому

$$p_{ij} \leq 1; \quad \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1.$$

Якщо розглядати дискретний марковський процес і характеризувати поведінку системи  $n$ -вимірним вектором з компонентами  $p_{ij}$ , що визначають ймовірність знаходження системи в момент часу  $t$  в стані  $j$ , то поведінку системи в момент часу  $t+1$  можна визначити з розв'язку системи рівнянь вигляду [50]

$$X_i(t+1) = \sum_{j=1}^n p_{ij} X_j(t), \quad i = 1, \dots, n. \quad (2.23)$$

Реальні об'єкти мають нелінійні елементи, але для практичних цілей вони можуть бути лінеаризовані і як діагностичні моделі можна використати лінійні диференціальні рівняння, передатні функції або характеристичні рівняння передатної функції. В цьому випадку умови роботоздатності задають в найбільш загальному вигляді як обмеження на переміщення нулів і полюсів на комплексній площині  $s$ , використовуючи метод малого параметра, визначають допустиму зміну контрольованого параметра. На

практиці обмежуються побудовою моделі на основі передатної функції від вибраних входів і цікавих для нас виходів або задовольняються визначенням тих характеристик передатної функції, які мають значення для оцінення роботоздатності об'єкта.

У багатьох практичних випадках як діагностичну модель можна розглядати характеристичне рівняння типу  $a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} = 0$  та аналізувати тільки переміщення полюсів  $p_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) системи.

Можна суттєво скоротити обсяг обчислення, використавши для побудови діагностичної моделі сигнальний граф або діаграму проходження сигналу [51, 52].

Діаграма проходження сигналу (ДПС) є схемою, яка складається з вузлів, з'єднаних напрямними вітками, й відображає систему алгебраїчних рівнянь, що описують процеси, які відбуваються в об'єкті.

Вузли діаграми відображають змінні, а вітки – оператори, які характеризують коефіцієнти при змінних. Вузли бувають трьох типів: джерела, прості каскадні вузли та стоки.

*Джерела* – це такі вузли, які мають тільки вихідні вітки; *стоки* – тільки входні. Джерела відповідають незалежним змінним, а стоки – залежним. Прості каскадні вузли мають як входні, так і вихідні вітки. Кожній вітці відповідає свій оператор  $T_{jk}$ , напрямок вітки показують стрілкою. Кожному вузлу відповідає своя змінна  $X_k = \sum_j T_{jk}$ , тобто, при цьому кожний сигнал дорівнює добутку оператора входної вітки на сигнал вузла, з якого вітка виходить. Наприклад, для схеми заміщення елемента складної системи (рис. 2.6) можна скласти систему рівнянь:

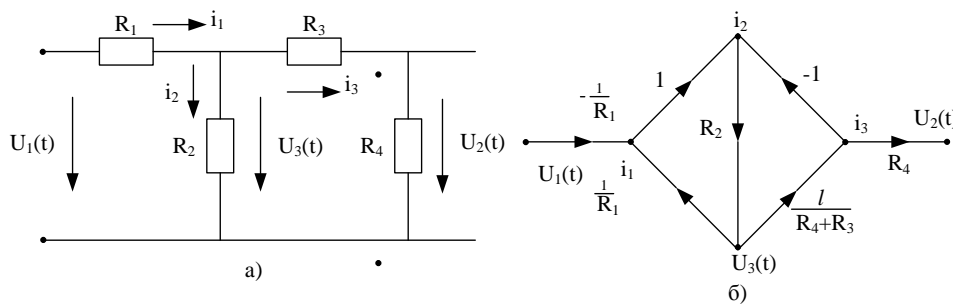


Рисунок 2.6 – Схема заміщення а); діаграма проходження сигналу б)

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= U_3(t) / R_1 - U_1(t) / R_1; \\ i_2 &= i_1 - i_3; \\ i_3 &= U_3(t) / (R_3 + R_4); \\ U_2(t) &= i_3 R_4; \\ U_3(t) &= i_2 R_2. \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

Використовуючи цю систему алгебраїчних рівнянь побудуємо діаграму проходження сигналів (рис. 2.6, б). Для цього на полі розташовують

довільно залежні змінні  $i_1, i_2, i_3, U_3(t)$  і незалежні змінні  $U_1(t), U_2(t)$  – вузли і зв'язують їх вітками з передачами, що відтворюють систему алгебраїчних рівнянь. Користуючись певними правилами, можна побудувати ДПС без попереднього складання системи алгебраїчних рівнянь.

Граф може утворювати контур. Контур сигнального графу – це замкнений шлях, який проходить по однаково направлених вітках графу, причому всі вузли, крім початкового, зустрічаються тільки один раз. Початковий вузол зустрічається на шляху двічі, оскільки він є кінцевим. Петля є частковим випадком контуру графу. Величина контуру – добуток передач віток графу, які входять до даного контуру. Шлях сигнального графу – сукупність односпрямованих віток між двома заданими вузлами графу. На шляху всі вітки та вузли графу зустрічаються тільки один раз. Величина шляху графу – добуток передач віток графу, які входять в даний граф. Для визначення функції передачі між вибраними входом та виходом ДПС потрібно знати основні правила перетворення

В деяких випадках існують технічні об'єкти, які можна поділити на декілька взаємопов'язаних частин, кожна з яких має своє самостійне значення. В цьому випадку як діагностичну можна використовувати так звану функціональну модель [53].

Функціональна модель є графічним зображенням об'єкта, в якому кожна виділена частина (функціональний елемент) позначається прямокутником  $a_i$  з декількома входами  $x_j$  і одним виходом  $u_k$ , показаними стрілками (рис. 2.7). Кількість входів відповідає кількості зовнішніх дій, які потрібно зробити, щоб отримати реакцію на виході елемента. Зв'язки між елементами показані лініями зі стрілками, які позначають напрямок проходження сигналу. Стан елемента оцінюється 1, коли при поданні сигналів до всіх допустимих входів на виході елемента виникає допустима реакція. Якщо реакція виявиться недопустимою, то його стан оцінюється як 0. Якщо хоча б на один із входів подана недопустима дія, то вихідна реакція елемента також має бути недопустимою.

Користуючись функціональною моделлю, можна задати всю множину можливих станів виробу. Потужність множини станів  $\{S_i\}$  визначається кількістю можливих станів функціональних елементів моделі. Кожну компоненту множини подають  $n$ -вимірним вектором, де  $n$  – кількість функціональних елементів моделі. В більшості випадків вважають, що одночасно може відмовити тільки один елемент. Елементу, що відмовив, у векторі станів відповідає 0. Наприклад, для функціональної моделі, поданої на рис. 2.7, якщо відмовив перший елемент, то  $S_1(011111)$ .

Якщо вважати перевірку за реакцією одного з функціональних елементів при подачі на модель всіх допустимих дій, то можна побудувати таблицю станів об'єкта. В таблиці станів кількість рядків буде відповідати числу станів об'єкта  $S_i$ , а кількість стовпців – числу перевірок  $\pi_j$ . Для об'єкта, наведеного на рис. 2.7, була побудована таблиця станів (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Таблиця станів

$S_i$	$\pi_j$					
	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$
$S_0(111111)$	1	1	1	1	1	1
$S_1(011111)$	0	0	0	1	0	0
$S_2(101111)$	1	0	0	1	1	0
$S_3(110111)$	1	1	0	1	1	1
$S_4(111011)$	1	1	1	0	0	0
$S_5(111101)$	1	1	1	1	0	0
$S_6(111110)$	1	1	1	1	1	0

Функціональна модель і побудована на її основі таблиця станів дозволяють для розв'язання діагностичних задач використовувати формальний апарат для визначення оптимальної кількості потрібних перевірок. Але подання об'єкта функціональною моделлю не звільняє від потреби розв'язання задач, пов'язаних з визначенням умов роботоздатності для кожного функціонального елемента.

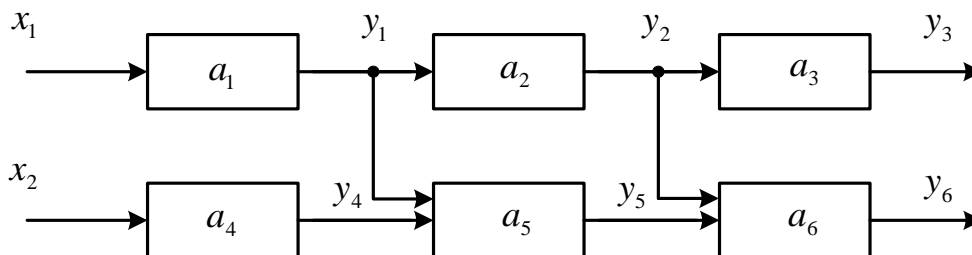


Рисунок 2.7 — Функціональна модель

### 2.6.4 Моделі дискретних об'єктів

До дискретних відносять: цифрові, імпульсні і деякі релейні системи. На відміну від ДМ неперервного об'єкта, ДМ дискретного має відображати не тільки залежність між вихідною і вхідними величинами, але й враховувати положення окремих елементів. Ця особливість дискретного об'єкта накладає певні обмеження на вибір апарата, потрібного для проведення аналізу дискретних об'єктів. Деякі можливості з'являються при застосуванні теорії кінцевих автоматів [54].

Для того, щоб пояснити, що таке кінцевий автомат, розглянемо, наприклад, функціонування релейного пристрою. Релейний пристрій в момент часу  $t$  знаходиться в положенні  $S(t)$ , отримує сигнал  $x(t)$ , релейний пристрій видає на об'єкт, що захищає, сигнал управління  $y(t)$  і переходить

в інше положення  $S(t+1)$ . Це нове положення релейного пристрою ми вже відносимо до моменту часу  $t+1$ , оскільки відбулось перемикання якогось реле.

Величини  $x(t)$ ,  $S(t)$ ,  $y(t)$ , безумовно, мають векторний характер. Вхідний сигнал  $x(t)$  позначає комбінацію сигналів  $x_1, x_2 \dots x_n$ , що надходять по кожному входу в момент часу  $t$ , при цьому кожне  $x_i$  може бути нулем або одиницею;  $y(t)$  – це комбінація вихідних сигналів  $y_1(t), \dots, y_m(t)$ , що видаються пристроєм по всіх каналах в момент часу  $t$ , а  $S(t)$  – комбінація положень окремих частин релейного пристрою:  $S_1, \dots, S_f$ .

Значення  $S(t+1)$  і  $y(t)$  визначають законом, за яким функціонує пристрій. Цей закон можна відобразити двома функціями

$$\left. \begin{aligned} S(t+1) &= \Phi_1[S(t), x(t)]; \\ y(t) &= \Phi_2[S(t), x_1(t)]. \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

Перше рівняння системи (2.25) називають функцією переходів, а друге – функцією виходів. Якщо задано початковий стан пристрою, то функції переходів і виходів дозволяють однозначно визначати його роботу для будь-якої послідовності сигналів. Наприклад, знаючи  $x(0)$ ,  $S(0)$ , можна визначити  $y(0)$  і  $S(1)$ ; знаючи  $x(1)$ ,  $S(1)$  –  $y(1)$  і  $S(2)$  і т. п.

Характерною особливістю функцій, що розглядаються, є те, що як множина положень, так і множина вхідних сигналів можуть приймати лише кінцеву кількість значень, а тому ці функції можна задавати у вигляді таблиць.

Задання множини вхідних сигналів, вихідних сигналів, положення релейного пристрою та його функцій переходів і виходів повністю описують математичну модель релейного пристрою, яка відома під назвою «кінцевий автомат з пам'яттю».

Розглянемо приклади побудови кінцевого автомата для електромеханічного реле (рис. 2.8).

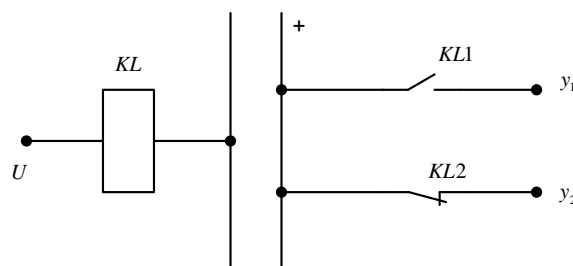


Рисунок 2.8 – Заступна схема релейного пристрою

В даному випадку  $U$  – вхідний сигнал  $U=\{0,1\}$   $S=0$  – якір реле  $KL$  відпущено;  $S=1$  – якір реле  $KL$  підтягнуто;  $y_1=KL$  – перший вихід реле,

$KL1=\{0,1\}$ ;  $y_2=KL2$  – другий вихід реле,  $KL2=\{1,2\}$ .

Задамо функцію переходів  $S(t+1)=\Phi_1\{S(t),U(t)\}$  у вигляді табл. 2.5, а виходів – у вигляді табл. 2.6.

Таблиця 2.5 – Таблиця функції переходів

	U	
S	0	1
0	0	1
1	0	1

Таблиця 2.6 – Таблиця функції виходів

	y1			y2	
S	U			U	
	0	1	S	0	1
0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0

$$y_1 = KL1 = \Phi'_2 [S(t), U(t)]; \quad y_2 = KL2 = \Phi'_2 [S(t), U(t)].$$

Функцію переходів і виходів можна об'єднати в одну таблицю (табл. 2. 7), оскільки функції виходів залежать тільки від положення реле.

Таблиця 2.7 – Сумісна таблиця

S	U			
	0	1	KL1(y1)	KL2(y2)
0	[0]	1	0	1
1	0	[1]	1	0

Розглянемо принцип побудови функції переходів і виходів для реле часу (рис. 2.9).

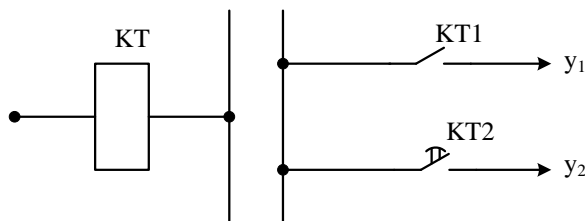


Рисунок 2.9 – Заступна схема реле часу

Для опису реле в даному випадку вводиться більша кількість станів  $S=0$ , коли якір відпущено;  $S=1$ , коли якір реле підтягнуто і замкнено миттєвий контакт;  $S=2$  – реле підтягнуто й замкнено всі контакти. Перехід із стану  $S=1$  в стан  $S=2$  визначається витримкою часу. Якщо реле має ще й контакт ковзання, то потрібно ще більше станів. Функцію переходів і виходів реле часу відображено у табл. 2. 8.

Таблиця 2.8 – Таблиця переходів і виходів реле часу

S	U			
	0	1	КТ1	КТ2
0	[0]	1	0	0
1	0	2	1	0
2	0	[2]	1	1

Розглянемо складний релейний пристрій (рис. 2.10). Виділимо в цьому пристрої поряд з входом і виходом, ще й входи і виходи окремих реле. Тоді релейний пристрій можна розбити на дві частини. Першу з них, яка містить в собі обмотки окремих реле, будемо називати «пам'ять». Входи «пам'яті» – це входи відповідних реле, а виходи – виходи цих реле. Друга частина уявляє собою схему, що об'єднує окремі реле в одне ціле; входами до неї є входи релейного пристрою і виходи «пам'яті», а виходами – виходи релейного пристрою і входи «пам'яті». Цю частину будемо називати комбінаційною частиною.

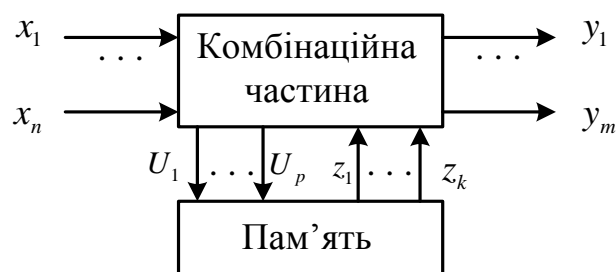


Рисунок 2.10 – Структура складного релейного пристрою

Виходячи з наведеної структури роботу релейного пристрою можна описати такою системою рівнянь





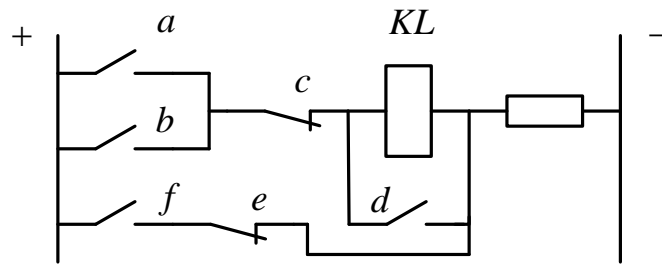


Рисунок 2.11 – Комбінована частина схеми релейного пристрою

Змінна  $U_{KL}(t) = 1$  в тому і тільки в тому випадку, якщо є хоча б одне коло з замкнених контактів від плюса джерела живлення схеми до мінуса і немає жодного кола, що її шунтує.

В загальному випадку може бути  $R_1, \dots, R_n$  кіл, які проходять через обмотку реле і  $T_1, \dots, T_m$  кіл, що шунтують обмотку реле, кожне з цих кіл може знаходитись в двох положеннях: 1 – замкнений і 0 – розімкнений, тоді можна записати таке рівняння

$$U_{KL}(t) = (R_1 \vee R_2 \dots \vee R_n) \wedge (\overline{T_1 \vee T_2, \dots, \vee T_m}); \quad (2.29)$$

$$U_{KL}(t) = (1, \vee 0 \dots \vee 0) (\overline{0, \vee 0 \dots \vee 0}) = 1 \cdot \overline{0} = 1 \cdot 1 = 1. \quad (2.30)$$

Для наведеної схеми

$$R_1 = a \cdot \bar{c}; R_2 = b\bar{c}; T_1 = f \bar{e}; T_2 = d. \quad (2.31)$$

$$U_{KL}(t) = (a\bar{c} \vee b\bar{c}) \times \left( \overline{f \cdot \bar{e} \vee d} \right) = 1. \quad (2.32)$$

### 2.6.5 Вибір умов роботоздатності об'єкта

Умови роботоздатності об'єкта можна сформулювати на основі аналізу моделі об'єкта діагностування або отримати експериментально при дослідженні реального об'єкта.

Умови роботоздатності можна визначити як обмеження на зміну динамічних, статичних характеристик, сукупності контрольованих показників або у вигляді вимоги виконання заданих функцій згідно з раніше визначеною логікою.

Якщо діагностична модель подана у вигляді диференціального рівняння і шляхом його розв'язання при ненульових початкових умовах визначена залежність контрольованої вихідної величини від вхідної та параметрів системи, то умови роботоздатності можна визначити у вигляді обмежень на зміну динамічної характеристики [55, 56, 57].

Наприклад, якщо контрольований параметр один, то діагностичну модель можна подати у вигляді рівняння

$$a_0(t, \lambda) \frac{d^n x(t)}{dt^n} + a_1(t, \lambda) \frac{d^{n-1} x(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_n(t, \lambda) = F(x, \lambda), \quad (2.33)$$

його розв'язання при ненульових початкових умовах

$$x(t, \lambda) = x_0(t) + \sum_{K=1}^{\infty} x_K(t) \lambda^K, \quad (2.34)$$

де  $a_i(t, \lambda)$  – коефіцієнти рівняння, які є неперервними функціями  $t$  і аналітичними функціями комплексного параметра  $\lambda$  (змiна контрольованого параметра);

$$F(x, \lambda) = \sum_{K=0}^{\infty} b_{kr} x^t \lambda^k \quad - \text{аналітична функція в деякій області параметрів}$$

$x$  і  $\lambda$ .

Якщо як діагностична модель використовується характеристичне рівняння, то умови роботоздатності задають на комплексній площині у вигляді допустимого переміщення нулів та полюсів.

**Приклад.** Нехай дана передатна функція системи

$$W_{(p)} = \frac{k_0}{p^2 + 6p + 8 + k_0}, \quad (2.35)$$

де  $k_0$  – контрольований параметр;  $k_0 = 10$ .

Визначити допустимі зміни  $\lambda$  коефіцієнта підсилення  $k = k_0 + \lambda$ , якщо умови роботоздатності задані у вигляді допустимого переміщення полюсів як

$$|P_j(0) - P_j(\lambda)| \leq \delta = 0,2; \quad j = 1,2; \quad (2.36)$$

де  $P_j(0)$  — полюс, який характеризує початковий стан об'єкта.

Якщо в початковому стані  $p^2 + 6p + 18 = 0$  є характеристичним рівнянням, то  $p_1(0) = -3 + 3j$ ; а збурене характеристичне рівняння має вигляд

$$p^2 + 6p + [8 + (k_0 + \lambda)] = 0, \quad (2.37)$$

і корені збуреного рівняння (2.15) можна записати у вигляді

$$P_j(\lambda) = P_{j0} + P_{j1} \lambda + P_{j1} \cdot \lambda^2 + \dots \quad (2.38)$$

Обмежимося двома членами рівняння (2.38), оскільки  $\lambda$  має малу величину. Тоді після підстановки значення цього кореня в рівняння (2.36) маємо

$$(P_{j0} + P_{j1} \cdot \lambda + \dots)^2 + 6(P_{j0} + P_{j1} \cdot \lambda + \dots) + 18 + \lambda = 0, \quad (2.39)$$

$$P_{j0}^2 + 2P_{j0} \cdot P_{j1} \lambda + \dots + 6P_{j0} + P_{j1} \cdot \lambda + 18 + \lambda = 0, \quad (2.40)$$

або

$$\lambda(2P_{j0} \cdot P_{j1} + 6P_{j1} + 1) + P_{j0}^2 + 6P_{j0} + 18 = 0. \quad (2.41)$$

Прирівняємо коефіцієнти при змінних в правій і лівій частині, тоді

$$2P_{j0} \cdot P_{j1} + 6P_{j1} + 1 = 0, \quad (2.42)$$

звідки

$$\left| P_1(0) - P_{j\lambda} \right| = \left| -3 + 3j - (-3 + 3j) + \frac{1}{6} j \lambda \right| = 0.2, \quad (2.43)$$

тоді

$$\lambda = \left| \frac{0,2}{0,16} \right| = 1,25. \quad (2.44)$$

Розглянемо методику вибору умов роботоздатності об'єкта, якщо контрольованих параметрів декілька. Нехай характеристичне рівняння об'єкта має вигляд

$$f(x_0 \cdot \lambda_0, \lambda_1 \dots \lambda_{n-1}) = x^n + a_{n-1}(\lambda_{n-1}) \cdot x^{n-1} + \dots + a_0(\lambda_0) = 0. \quad (2.45)$$

Розв'язання цього рівняння можна записати наближено так

$$x(\lambda_0, \lambda_1 \dots \lambda_{n-1}) = x(0, 0 \dots 0) + \sum_{j=0}^{n-1} \frac{\partial x}{\partial \lambda_j} \cdot \lambda_j. \quad (2.46)$$

Умови роботоздатності в області контрольованих параметрів  $\lambda_i$  можна визначити з виразу

$$\left| \sum \frac{\partial x(0 \cdot 00 \dots 0)}{\partial \lambda_j} \cdot \lambda_j \right| < \delta. \quad (2.47)$$

Отже, умови роботоздатності об'єкта, коли контрольованих параметрів декілька, можна розглядати як вимогу невиходу за межі n-вимірного багатокутника, тобто,

$$|a_0 \cdot \lambda_0 + a_1 \cdot \lambda_1 + \dots + a_{n-1} \cdot \lambda_{n-1}| < \delta. \quad (2.48)$$

**Приклад.** Модель об'єкта подана характеристичним рівнянням

$$p^2 + (a_1 + a)p + (b_1 + b) = 0. \quad (2.49)$$

Під дією зовнішніх факторів можуть змінюватись параметри  $a_1, b_1$ , відомі параметри  $a = 4; b = 6$  та початкові значення змінних параметрів  $a_1 = 3; b_1 = 4$ ; тоді в початковому стані характеристичне рівняння має вигляд

$$p^2 + 7p + 10 = 0. \quad (2.50)$$

Корені характеристичного рівняння  $p_{01} = -2$ ;  $p_{02} = -5$ .

Умови роботоздатності задано на комплексній площині як  $|p_t - p_{01}| \leq \delta \leq 1$ . Визначити умови роботоздатності в області параметрів  $a_1$ ,  $v_1$ , тобто, допустиму зміну цих параметрів  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ .

Запишемо збурене рівняння  $p^2 + (7 + \lambda_1) \cdot p + (10 + \lambda_2) = f$  і визначимо нові величини коренів.

Виконуємо диференціювання

$$\frac{\partial f}{\partial \lambda_1} = p; \quad \frac{\partial f}{\partial \lambda_2} = 1; \quad \frac{\partial f}{\partial p} = 2p + 7 + \lambda_1. \quad (2.51)$$

Для визначення коефіцієнтів при змінних, коли  $\lambda_1 = 0$ ,  $\lambda_2 = 0$ , початкові величини

$$\frac{\partial p_1}{\partial \lambda_1}(p_{01,0,0}) = -\frac{\partial f / \partial \lambda_1}{\partial f / \partial p}(p_{01,0,0}) = -\frac{-2}{-4 + 7} = 0,67; \quad (2.52)$$

$$\frac{\partial p_1}{\partial \lambda_2}(p_{01,0,0}) = -\frac{\partial f / \partial \lambda_2}{\partial f / \partial p}(p_{01,0,0}) = -\frac{1}{3} = -0,33; \quad (2.53)$$

$$\frac{\partial p_2}{\partial \lambda_2}(p_{02,0,0}) = -\frac{\partial f / \partial \lambda_2}{\partial f / \partial p}(p_{02,0,0}) = \frac{1}{3} = 0,33. \quad (2.54)$$

Таким чином,

$$p_1(\lambda_1, \lambda_2) = -2 + 0,67\lambda_1 - 0,33\lambda_2; \quad p_2(\lambda_1, \lambda_2) = -5 - 1,67\lambda_1 + 0,33\lambda_2.$$

Умови роботоздатності на комплексній площині мають вигляд  $|p_1 - p_{01}| \leq 1$ , тому  $|0,67\lambda_1 - 0,33\lambda_2| \leq 1$  і, якщо вважати, що  $\lambda_1 = 0,2$ ; то  $3,1 \leq \lambda_2$ .

В тому випадку, коли діагностична модель задана у вигляді невизначеної матриці вузлових провідностей, то визначають функції передачі між вибраним входом та виходом і їх досліджують. Наприклад, якщо відома  $T_{12,34}$ ; то  $U_{34} = T_{12,34} \cdot U_{12}$ , оскільки  $T_{12,34}$  є функцією параметрів, для яких задано допустимі зміни  $\lambda_1 \dots \lambda_2$ , то визначають допустимі зміни  $U_{34}$ .

Аналогічно визначають роботоздатність при використанні діаграми проходження сигналу.

**2.6.6 Прогнозування зміни технічного стану об'єкта. Задачі, основні питання, методи математичного прогнозування. Оцінювання точності і ефективності прогнозування**

Ефективність програми діагностування суттєво зростає, коли додатково вирішується задача прогнозування зміни стану об'єкта в майбутній момент часу.

Необхідність передбачати зміну ТС об'єкта виникла тоді, коли суть складності об'єкта стала випереджати рівень якості елементів, на базі яких створювались об'єкти, а тому в більшості випадків об'єкт за часом функціонування не відповідав висунутим вимогам і потрібно було здійснювати профілактичні роботи з відновлення його роботоздатності, час проведення яких потрібно було визначити. Необхідність визначення часу безвідмовної роботи об'єкта стала особливо гострою, коли з'явилися складні системи з високою вартістю відмови.

Проблеми прогнозування (prognostication) існують на всіх етапах життєвого циклу об'єкта: проектування, виготовлення, зберігання і експлуатації.[53. 58]

На стадії проектування необхідно врахувати вплив виробничих процесів і характеру деградації об'єкта в умовах експлуатації на його роботоздатність, створюючи структурні й принципові схеми, які забезпечують задану довговічність.

На стадії виготовлення потрібно визначити якість виробу з урахуванням множини факторів і динаміки технологічних операцій.

На стадії випробування визначають час, через який виникає відмова технічного виробу за даними, отриманими за обмежений проміжок часу, значно менший нормативного часу випробування.

На стадії серійного виробництва, на основі інформації, отриманої за обмежений інтервал часу при випробуванні, приймають рішення про те, до якого класу належить виріб з точки зору його довговічності.

На стадії зберігання потрібно визначити зміну ступеня роботоздатності виробу, який знаходиться на зберіганні, щоб отримати інформацію про ступінь його готовності до використання.

На стадії експлуатації, прогнозуючи зміну його стану, потрібно визначити періодичність контролю його технічного стану, профілактичних робіт і відповідного регулювання та налаштування.

Проблема прогнозування має різні аспекти: філософський, фізичний, евристичний, математичний.

З погляду філософії будь-яке наукове передбачення є екстраполяцією відомих законів, матеріальних умов або типів взаємодії на область явищ, що розглядаються, які є недоступними з якихось причин для вивчення експериментально. Точність передбачення залежить від того, який закон екстраполюється, і наскільки повно його досліджено.

В матеріальному світі існує три групи законів: 1) специфічні, або частинні, що визначають відношення між конкретними властивостями матерії, яка існує в локальних масштабах; 2) загальні, що характеризують великі групи якісно різнорідних явищ; 3) універсальні, що діють у всіх сферах матеріального світу.

До *першої групи* можна віднести закони фізики, хімії, біології та інших наук, які визначають порядок стійких зв'язків між конкретними властивостями тіл. До *другої групи* відносять, наприклад, закон збереження енергії, маси, електричного заряду і деяких інших загальних властивостей. До *третьої групи* входять закони причинності, єдності та боротьби протилежностей, взаємного переходу кількісних і якісних змін.

Всі ці закони мають зв'язок між собою. Залежно від типу закону, який підлягає екстраполяції,  $q$  повноти врахування конкретних умов, прогнозування може мати менший або більший ступінь точності. Так, із закону переходу кількості в якість впливає, що на певному етапі кількісні зміни в стані і властивостях матеріальних об'єктів і явищ незворотно приведуть до корінних якісних змін. Але для того, щоб точно визначити, коли відбувається стрибкоподібна зміна і в якому вигляді вона буде здійснюватись, необхідно мати додаткову інформацію про характер розвитку процесу, його зовнішні умови, межі, в яких може існувати ця якість. Крім цього, результат прогнозу суттєво залежить від того, яка система розглядається – проста чи складна і до якого закону розвитку її можна віднести – однозначно детермінуючого її стан чи ймовірного закону.

З погляду фізики внутрішній механізм процесів, які передують втраті роботоздатності виробу, може бути достатньо проаналізований тільки в кожному конкретному випадку для даного типу об'єкта і його складових частин, заданих умов експлуатації і режимів роботи. Разом з тим, конкретний механізм втрати роботоздатності визначається загальними фізико-хімічними процесами зміни структури, властивостей і параметрів елементів об'єкта, при цьому закономірності, які характеризують ці процеси, можуть безпосередньо слугувати моделями відмов або є основою для їх побудови.

До загальних фізичних моделей об'єкта відносять: деформацію і механічне руйнування, електричне руйнування діелектричних матеріалів, теплові руйнування елементів, електрохімічну корозію, електротермічну ерозію, радіаційні руйнування, знос поверхні виробів, забруднення (contamination) поверхні і матеріалів елементів.

Кожен з цих процесів окремо або разом є основою для зміни параметрів виробу, контроль і аналіз яких передують прогнозуванню. Зрозуміло, що чим більше фізичних процесів є причиною деградації об'єкта, тим складніше буде здійснювати прогнозування.

Евристичне прогнозування є найдавнішим методом прогнозування, і він застосовується повсякденно, наприклад, відома роль порад рідних, друзів і знайомих при вирішенні різних проблем в нашому житті. Уже на цьому рівні процес прогнозування є складним, оскільки кінцеві рішення ми приймаємо не простим порівнянням кількості голосів «за» і «проти», а інтуїтивно враховуємо вагу кожного експерта залежно від нашого суб'єктивного уявлення про його життєвий досвід і його шляхетність щодо нас.

Процеси евристичного прогнозування відносно технічних об'єктів можна поділити на декілька етапів [58]:

- етап розробки прогнозу розвитку природничих наук, з допомогою яких складається огляд стану розробок, які можна здійснити за фіксований час;

- етап розробки прогнозу спеціалістами в галузі техніки, які після ознайомлення з попереднім прогнозом визначають можливі характеристики заданого технічного пристрою, що їх можна досягти за визначений фіксований час;

- етап обробки результатів, отриманих різними експертами незалежно один від одного.

Значною перевагою методу евристичного прогнозування є те, що він дозволяє уникнути грубих помилок, особливо на ділянці стрибкоподібної зміни величини, яка прогнозується. Разом з тим цей метод є суб'єктивним. Крім цього він складний та трудомісткий.

**Приклад.** Зміна математичного сподівання і середньоквадратичного відхилення відносної магнітної проникності  $\Delta\mu/\mu$  % в партії магнітом'яких феритів за 1000 годин випробувань наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Результати випробувань технічного стану феритів

Статистичні параметри	Час проведення випробувань t, год.			
	1250	500	750	1000
$m_t(\Delta\mu/\mu)$	-3,23	-3,63	-4,17	-4,03
$\sigma(t)$	4,31	4,35	4,61	4,7

Визначити ймовірність виходу за допуск ( $\Delta\mu^*/\mu = 15\%$ ) параметрів феритів, які досліджувались.

*Розв'язання.* В даному випадку експериментальний розподіл не відповідає жодному з відомих теоретичних законів, тому для розв'язання задачі використовуємо математичний апарат ймовірнісних нерівностей. Найбільш розповсюдженою є нерівність Чебишева, яка визначає ймовірність втрати роботоздатності і для цілей прогнозування набуває вигляду

$$P_t(\xi) \leq \left\{ \sigma_t(\xi) / [\xi^* - m_t(\xi)] \right\}^2, \quad (2.55)$$

де  $\xi^*$  – допустима величина  $\xi(t)$ .

Екстраполяція статистичних характеристик  $\sigma_t(\xi)$  і  $m_t(\xi)$  за допомогою розглянутих прогнозувальних виразів дозволяє визначити ймовірність в будь-який момент часу в майбутньому. Якщо експериментальний розподіл має одну основну моду, яка приблизно дорівнює математичному сподіванню, і частоти розподілу спадають неперервно, то можна використати більш точну нерівність Кемпа – Менделя



$$P_t(\xi) \leq \{2W(\sigma_t(\xi)) / 3[\xi^* - Wm(t)]\}^2, \quad (2.56)$$

де  $W_\sigma(t)$  і  $W_m(t)$  – прогнозувальні вирази для  $\sigma_t(\xi)$  і  $m_t(\xi)$ .

Для даної задачі за прогнозувальний вираз як для екстраполяції  $m_t(\Delta\mu/\mu)$ , так і  $\sigma(t)$  візьмемо після попереднього аналізу функцію вигляду

$$F(t) = at^g, \quad (2.57)$$

де  $a$  – результат контролю негативний,  $g = f(\Delta\mu/\mu)$ ;  $g < 1$ ;  $\tau = t/1000$ .

Для того, щоб підрахувати невідомі коефіцієнти, прологарифмуємо вираз (2.57)

$$\ln F(t) = \ln a + g \ln \tau. \quad (2.58)$$

Здійснюючи заміну логарифмів, отримаємо лінійний двочлен  $\varphi(t) = a_0 + g\theta$ , невідомі коефіцієнти якого в обох випадках визначались методом найменших квадратів. В результаті прогнозувальні вирази набувають вигляду

$$F_m(\tau) = -4,12\tau^{0,545}; F_\sigma(\tau) = -4,57\tau^{0,213}. \quad (2.59)$$

Ймовірність, що визначається для майбутніх моментів часу, обчислюється за допомогою перетвореної нерівності Чебишова

$$P(t) \leq \left[ -4,57\tau^{0,213} / \left[ (-\Delta\mu/\mu)^* + 4,12\tau^{0,545} \right] \right]^2. \quad (2.60)$$

Для  $\tau = 2$  ( $t = 2000$  год) ймовірність, яка прогнозується,  $P_\Pi(t) \leq 0,365$ , а дійсна ймовірність, обчислена при досягненні  $t = 2000$  год,  $P_g(t) \leq 0,35$ .

До розподілу  $\Delta\mu/\mu$  в часових перерізах, що розглядаються з певним припущенням, можна застосувати нерівність Кемпа – Менделя, яка дозволяє уточнити значення знайдених ймовірностей, які, як відомо з нерівності Чебишова, є межовими величинами. При цьому ймовірність, що прогнозується,

$$P_\Pi(t) \leq \left\{ \frac{2F\sigma(\tau)}{3[-(\Delta\mu/\mu)^* - F_m(\tau)]} \right\}^2 \leq 0,157; \quad (2.61)$$

$\sigma = 2$ , а дійсна ймовірність  $P_g \leq 0,151$ .

**Приклад.** Розглянемо застосування методу статистичних рішень для прогнозування періоду служби асинхронних двигунів (АД) середньої потужності.

При прогнозуванні потрібно визначити, належить двигун до першого класу, де термін служби не перевищує 6000 год, чи до другого класу, де період служби більше 6000.

Для реалізації методу прогнозування на експериментальному дослідному матеріалі з сукупності параметрів, які характеризують технічний стан асинхронних двигунів типу ДАЗО2 16-го і 18-го габаритів, було вибрано відносне значення струму зворотної послідовності, розраховане за виразом

$$K_2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100 \%, \dots \quad (2.62)$$

де  $I_1, I_2$  – амплітудні величини складових струму відповідно прямої та зворотної послідовності; коефіцієнт, що характеризує крутість механічної характеристики АД на ділянці робочих ковзань

$$K_P = \left( \frac{P}{P_{\text{НОМ}}} \right) \cdot \left( \frac{S}{S_{\text{НОМ}}} \right)^{-1} \cdot \left( \frac{U_{\text{НОМ}}}{U} \right)^2, \quad (2.63)$$

де  $P_{\text{НОМ}}, S_{\text{НОМ}}, U_{\text{НОМ}}$  – номінальні значення відповідно споживаної АД активної потужності, ковзання і напруги статора АД;  $P, S, U$  розраховані за результатами контролю параметрів робочого режиму; відповідно активна потужність АД, що споживається, ковзання і напруга статора АД. Комплексний параметр діагностування – критерій справного стану, що розраховують як

$$K_\partial = \frac{C_i K_i + C_p K_p}{C_i + C_p}, \quad (2.64)$$

де  $K_i = \frac{I_1 - I_2}{I_1} = 1 - K_2$  – коефіцієнт несиметрії струмів;

$C_i, C_p$  – вагові коефіцієнти, які знаходяться в межах  $1 \div 3$ . Для справного двигуна  $K_\partial = 1$ . Відхилення цього параметра в напрямку зниження від одиниці свідчить про наявність дефектів обмотки статора або ротора.

Вимірювання параметрів проводилось за часовими перерізами:

0 – 0 год; 1 – 0,5; 2 – 1,5 год; 3 – 2,5 год; 4 – 5,0 год; 5 – 10,0 год; 6 – 20,0 год; 7 – 30,0 год; 8 – 50,0 год; 9 – 75,0 год.

Перевірка методу прогнозування в створеному просторі діагностичних ознак проводилось на 39 двигунах. Варто зауважити, що попередньо виконувався пошук пари перерізів, для яких мали місце мінімальні похибки, тобто кількість параметрів розпізнавання подвоїлась і дорівнювала восьми. Для цього було визначено вибірку, яка навчає, і ту, що складає екзамен для двигунів (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Вибірki двигунів

Клас	Підмножина		Всього
	що навчає	що складає екзамен	
16	13	4	17
18	14	8	22

Для чотирьох варіантів пар часових перерізів було виконано такі операції:

- навчання на 27 екземплярах двигунів (гаусова апроксимація);
- екзамен за даними підмножини, що складає екзамен;
- екзамен за матеріалами множини, що навчає;
- екзамен за матеріалами підмножин, що складає екзамен і навчається.

Обчислення здійснюється в такій послідовності. На основі вибірки для навчання побудуємо правило, що вирішує, тобто, функцію відношення правдоподібності

$$L'(\xi) = \ln L(\xi) = \frac{1}{2} \ln (|U_{18}| / |U_{16}|) + \frac{1}{2} L_1(\xi), \quad (2.65)$$

де  $L(\xi)$  – відношення правдоподібності;

$U_\lambda$  – коваріаційні матриці для об'єктів класів  $\lambda = 16; 18$ ;

$|U_\lambda|$  – визначник матриць  $Z$ .

Елементи коваріаційних матриць і вектори середніх значень для кожного класу ( $\lambda = 16; 18$ ) оцінюються з навчальної вибірки (за апріорною інформацією) двигунів

$$C_{Cr}^\lambda = \frac{N_\lambda}{N_{\lambda-1}} \left( \frac{1}{N_\lambda} \sum_{i=1}^{N_\lambda} \xi_{S^1}^\lambda \xi_i^\lambda - \mu_S^\lambda \cdot \mu_r^\lambda \right); \mu_S^\lambda = \frac{1}{N_\lambda} \sum_{i=1}^{N_\lambda} \xi_{S^1}^\lambda, \quad (2.66)$$

де  $S$  – стани;  $r = 1, 2$ ;  $k$  – кількість діагностичних ознак;

$N_\lambda$  – кількість апріорних двигунів для навчання в класі  $\lambda$ .

Апріорні ймовірності класів  $P_{16}$  і  $P_{18}$  обчислюються за формулою

$$P_{16} = N_{16} / (N_{16} + N_{18}),$$

$P_{18} = N_{18} / (N_{16} + N_{18})$ , якщо навчальна вибірка сформована випадково.

Кількість двигунів  $N_\lambda$  у навчальній вибірці для кожного класу має бути не менша розмірності простору ознак, тобто  $N_\lambda > k$ . Це необхідно для того, щоб коваріаційна матриця  $U_\lambda$  не виявилась особливою.

У виразі (2.65)

$$L_1(\xi) = -(\xi - \mu_{16})' \cdot U_{16}^{-1} (\xi - \mu_{16}) + (\xi - \mu_{18})' \cdot U_{18}^{-1} (\xi - \mu_{18}), \quad (2.67)$$

де  $U_{16}^{-1}$ ,  $U_{18}^{-1}$  – обернені матриці;  $(\xi - \mu_\lambda)$  – вектор-стовпець.

Для кожного двигуна  $\xi^\ell$ , який подається з екзаменаційної послідовності, оцінюється величина  $L'(\xi^\ell)$ :

- якщо  $L'(\xi^\ell) \geq \text{П16}$ , то  $\xi^\ell \in R^{16} = 0 \div 6000 \text{ год}$ ;

- якщо  $L'(\xi^\ell) \geq \text{П18}$ , то  $\xi^\ell \in R^{18} = 0 \div 6000 + \infty \text{ год}$ ;

- якщо  $\text{П16} < L'(\xi^\ell) < \text{П18}$ , то здійснюється відмова від розпізнавання (П16, П18 – межі розпізнавання).

В прикладі, що розглядається, межі розпізнавання підбирались емпірично за обчисленими величинами  $L'(\xi^\ell)$  для двигунів навчальної підмножини. Межі визначались так, щоб на об'єктах навчання було досягнуто мінімального ризику (похибка першого роду –  $\alpha$  і другого роду –  $\beta$ ). Величина  $\alpha$  є ймовірністю того, що об'єкт, який належить до  $\lambda$ -го класу, не буде віднесений до нього. Величина  $\beta$  є ймовірністю того, що об'єкт, що не належить до  $\lambda$ -го класу, буде віднесений до нього.

Для всіх варіантів екзамену обчислювалась похибка першого роду  $\alpha$  і другого роду  $\beta$  та відсоток правильного розпізнавання  $\text{П}_\xi$ . Результати обчислень зведені в табл. 2.11. Виявилось, що найбільший відсоток розпізнавання можна отримати за такими параметрами часових перерізів: 0 і 6; 2 і 7; 2 і 9; 3 і 5; 3 і 9, але при прогнозуванні за перерізами 0 і 6, 3 і 9 отримано більш високі похибки першого роду. Можна рекомендувати для технічних рішень пару часових перерізів з метою прогнозування, коли в результаті екзамену величина  $\text{П}_\xi$  отримана на рівні 90% при  $\alpha = 5\%$  і  $\beta = 0\%$ .

Таблиця 2.11 – Результати обчислень

Варіанти часових перерізів	Матеріали екзамену, %			Матеріали навчання, %		Матеріали екзамену і навчання, %		
	A	B	$\text{П}_\xi$	$\alpha$	$\beta$	A	B	$\text{П}_\xi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0; 1	50	25	67	0	0	12	9	91

0; 2	100	0	67	0	0	24	0	91
0; 3	75	25	58	0	0	18	9	87
0; 4	50	25	67	0	0	12	9	90
0; 5	75	12,5	67	0	0	18	4,5	90
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0; 6	50	12,5	75	0	0	12	4,5	92
0; 7	50	50	50	0	0	12	18	85
0; 8	75	38	50	8	0	24	14	82
0; 9	25	75	42	0	0	6	27	82
1; 3	100	12,5	58	30	0	47	4,5	77
1; 5	25	75	42	0	0	5,9	27	82
1; 7	75	12,5	67	0	0	18	4,5	90
1; 9	50	12,5	67	0	0	18	4,5	91
2; 5	50	50	50	0	0	12	18	85
2; 7	0	37	75	0	0	0	13	92
2; 9	0	25	83	0	0	0	9	95
3; 5	25	0	92	0	0	6	0	97
3; 7	100	0	67	0	0	24	0	91
3; 9	25	12,5	83	8	0	12	4,5	92
4; 7	0	50	67	0	0	0	18	80
4; 9	50	87	25	0	0	12	32	77
5; 7	50	63	42	0	0	12	23	82
5; 9	100	25	50	8	0	30	9	82
7; 9	25	63	50	0	0	6	23	85

### 2.6.7 Показники ефективності технічного діагностування енергетичного обладнання

*Енергетичне обладнання*, призначене для вироблення теплової, механічної та електромагнітної енергій, постійно перебуває під впливом радіаційних, електромагнітних, теплових і механічних дій, які створюють важкі умови для функціонування цього обладнання. Технологічне обладнання умовно можна поділити на тепломеханічне: енергетичні та водонагрівальні котлоагрегати, турбіни, насоси; електротехнічне: генератори (generator), двигуни, трансформатори (transformer), синхронні компенсатори, комутаційна апаратура; засоби керування, захисту і автоматики: технічний захист, лінійний захист, засоби обчислювальної техніки.

*Допоміжне обладнання* – обладнання паливо-транспортного цеху, цеху хімводопідготовки, розподільні мережі різних класів, теплові мережі. Потрібно відзначити специфічне обладнання атомних станцій – реактори.

*Експлуатаційне забезпечення* сучасних енергетичних установок передбачає розрахунок і визначення параметрів технічної експлуатації та підготовку необхідної технічної документації. Схема організації експлуатаційного забезпечення охоплює такі формалізовані постановки задач. [59]

*Перша задача* – оцінення фактичного рівня надійності і прогнозування на його основі міжремонтного циклу. Використовують такі параметри: час між відмовами

$$T_{M.B.} = T_p / n, \quad (2.68)$$

де  $T_p$  – час роботи обладнання;

$n$  – кількість відмов.

Коефіцієнт готовності

$$K_{\Gamma} = (T_p / (T_p + T_a)) \cdot 100\%, \quad (2.69)$$

де  $T_a$  – сумарний час непланового простою (аварійного), год.

Коефіцієнт аварійності

$$K_{ав} = (T_a / (T_a + T_p)) \cdot 100\%. \quad (2.70)$$

Коефіцієнт оперативної готовності

$$K_{ог} = ((T_{рез} + T_p) / T_k) \cdot 100\%, \quad (2.71)$$

де  $T_{рез}$  – сумарний час простою обладнання в резерві за диспетчерським графіком;

$T_k$  – календарний період (1 рік = 8760 год).

Коефіцієнт робочого часу

$$K_p = (T_p / T_k) \cdot 100\%. \quad (2.72)$$

Коефіцієнти непланових  $K_{Н.П.}$  та планових  $K_{Пл}$  простоїв

$$K_{Н.П.} = (T_{Н.П.} / T_k) \cdot 100\%; \quad K_{Пл} = (T_{Пл} / T_k) \cdot 100\%; \quad (2.73)$$

Коефіцієнт використання усталеної потужності

$$K_{уст} = (E / (N_{ном} T_k)) \cdot 100\%, \quad (2.74)$$

де  $E$  – вироблена електроенергія;

$N_{ном}$  – номінальна потужність.

*Друга задача* – планування технічного обслуговування. Використовують параметри: період  $T_{ПР}$  і час  $T_{ПР}$  перевірки і ремонту.

Вихідна документація – план-графік та інструкція з проведення перевірок.

*Третя задача* – планування запасних деталей, матеріалів, механізмів.

Основні параметри: кількість  $Z_j$  елементів  $j$ -го, час ремонту  $T_p$ , кількість відновлених  $Z_j^B$  і невідновлених елементів  $Z_j^H$ . Вихідна документація – кошториси, маршрутні карти.

*Четверта задача* – розрахунок чисельності персоналу, визначення спеціалізації, розподіл на черговий і ремонтний.

Засоби технічної діагностики можна використати як під час ремонту (для перевірки його якості), так і в оперативному режимі; вони прогнозують виникнення відмови, дозволяють більш ефективно використовувати обладнання і зменшити витрати.

Ремонт сучасних енергоустановок характеризується великим обсягом підготовчих робіт. Планові ремонти проводять для відповідальних, складних блоків, які потребують значних трудових витрат.

Розглянемо організація діагностичного забезпечення складних об'єктів

До складу системи технічного діагностування (СТД) входять: об'єкт діагностування (ОД), технічні засоби діагностування (ТЗД) і людина-оператор [59]. Діагностичне забезпечення містить в собі перелік показників, які потрібно оцінити, методи їх оцінення, умови роботоздатності, ознаки наявності дефектів і алгоритми, програми і ТЗД.

Методика, яка дозволяє отримати діагностичне забезпечення (ДЗ), передбачає декілька етапів: складання математичного опису об'єкта, побудову діагностичної моделі, аналіз діагностичної моделі, вибір сукупності контрольованих показників, розробку алгоритмів і програми тестування, розробку засобів для підготовки процесу діагностування, зокрема вибір точок контролю і засобів зв'язку.

Кожний з перерахованих етапів складається з декількох операцій. Наприклад, при визначенні класифікації параметрів спочатку визначають суттєві і діагностичні параметри. Для цього використовують знання і досвід спеціалістів. Далі уточнюють попередньо вибрані параметри шляхом використання формальних методів. Якщо вибрано сукупність діагностичних параметрів, то складають і вибирають діагностичні моделі. За вибраними моделями визначають прямі і опосередковані показники, які потрібно оцінити за допомогою ТЗД. Після того, як вибрано діагностичну модель, використовують принципи ідентифікації – спостережність, керованість, відмінність.

Система повністю спостерігається в інтервалі  $(t_0, t_1)$ , якщо її початковий стан  $S(t_0)$  можна визначити за змінним на цьому інтервалі вектором  $S(t_1)$  [59]. Система повністю керована, якщо з початкового стану  $S(t_0)$  її можна привести в інший стан  $S(t_1)$  за кінцевий інтервал часу  $(t_0, t_1)$ , діючи на її систему керування  $G(t) \in G$ , де  $G$  – деякий заданий клас функцій. Ці властивості визначають ТС об'єкта і дозволяють сформулювати умови роботоздатності та відмінності й оцінити можливість їх реалізації. Умови роботоздатності – це правила, які дозволяють кінцеву множину станів  $\{S\}$  роз-

ділити на дві підмножини  $\{S_1\}$  і  $\{S_2\}$  роботоздатних і нероботоздатних станів  $\{S\} = \{S_1\} \vee \{S_2\}$ . Ознакою наявності дефекту є відмінність кожного стану в підмножинах  $\{S_1\}$  і  $\{S_2\}$ . Якщо позначити через  $\Delta W_i$  приріст інформації, який ми отримуємо при спостереженні за  $i$ -м ( $i = \overline{1, n}$ ) параметром об'єкта чи за їх сукупністю, а через  $B_i$  – вартість такого спостереження, то відношення  $\Delta W_i / B_i$  можна використати як оцінку значимості і можливості реалізації спостереження за  $i$ -м параметром або за групою параметрів.

Інформація про технічний стан забезпечується відповідними обчислювальними пристроями, тому точність їх має важливе значення для побудови адекватних моделей. При цьому використовують прямі і опосередковані методи вимірювання.

Збирання, накопичення, обробка і передача інформації про ТС електрообладнання потребують витрат часу, що призводить до запізнення у видачі керувальних рішень і до зниження їх ефективності. Існує два способи усунення цього недоліку: 1) збільшення швидкості проходження інформації; 2) використання прогнозування на основі потрібних даних.

*Задача прогнозування* передбачає реалізації таких етапів діагностування: вибір суттєвих параметрів для прогнозу; визначення технічних засобів, які забезпечують вимірювання і спостереження за вибраними показниками; оцінення ефективності вибраних засобів, коректування вибраних параметрів і складу технічних засобів.

#### **Основні показники СТД**

Під *ефективністю* СТД розуміють ступінь відповідності її цільовому призначенню. Автоматизована СТД призначена для визначення технічного стану і підвищення надійності основного та керувального обладнання, тобто, підвищення надійності та економічності електропостачання.

Розрізняють зовнішні і внутрішні характеристики СТД. *Зовнішні характеристики* відображають вплив СТД на ОД, а *внутрішні* – дають оцінку раціональності побудови самої системи діагностування. Ефективність системи в цілому відносно електрообладнання, що діагностується, можна оцінити коефіцієнтом готовності  $K_{\Gamma}$ . Наприклад, для енергоблока електричної станції

$$K_{\Gamma} = W_0 / (W_0 + W_{\Pi}), \quad (2.75)$$

де  $W_0$  – потужність, яку видає енергоблок за час  $0, t$ ;

$W_{\Pi}$  – потужність, яка втрачається внаслідок простою блока.

Ефективність локальних систем діагностування енергоблоків можна оцінити цим же показником. Застосовують й інші показники, наприклад, надійність роботи енергоблока в змінних режимах характеризується коефіцієнтом надійності



$$K_H = (T_0 + T_{рез}) / (T_0 + T_{рез} + T_a), \quad (2.76)$$

де  $T_0$ ,  $T_{рез}$ ,  $T_a$  – відповідно, час перебування блока в роботі, в резерві і в аварійному ремонті.

Показником надійності може служити коефіцієнт готовності

$$K'_Г = (T_0 + T_{рез}) / (T_0 + T_{рез} + T_{\Pi}), \quad (2.77)$$

де  $T_{\Pi}$  – час простою в плановому ремонті.

Коефіцієнт готовності блоків сучасних теплових станцій складає 0,9–0,97, для АЕС – 0,6–0,7. Ефективність керувального обладнання можна оцінити за формулою [39]

$$E = K'_Г P(t), \quad (2.78)$$

де  $P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи або вірогідність видачі правильної керувальної дії на об'єкт керування.

Якщо одночасно врахувати надійність функціонування об'єкта керування і засобів керування, то, з урахуванням незалежності їх відмов, надійність їх спільного функціонування можна визначити як

$$\tilde{P}(t) = \tilde{P}_0(t) \wedge \tilde{P}_K(t), \quad (2.79)$$

де « $\wedge$ » – символ, який позначає, що змінна величина може набувати значення як одиниці, так і нуля.

Ймовірність безвідмовної роботи за час  $0, t$

$$P(t) = P_0(t) P_K(t), \quad (2.80)$$

де  $P_0(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи об'єкта діагностування.

Ймовірність безвідмовної роботи засобів керування можна розглядати як ймовірність виконання ними і-ої функції в певний момент часу

$$P_K(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (2.81)$$

де  $P_i(t)$  – враховує функції, які виконує персонал.

*Показники ефективності процесу діагностування*

В процесі діагностування складного об'єкта враховують такі показники: вірогідність діагностування  $B$ , обсяг діагностування, під яким розуміють перелік діагностичних параметрів, передбачених для контролю, повноту діагностування, тобто ступінь обмеження контролю вибраної сукупності показників, час діагностування, глибину діагностування, яка визначає точність визначення місця пошкодження, вартість діагностування, ступінь автоматизації операцій діагностування та інші. Частина цих показників є залежною і надлишковою в разі оцінення процесу діагностування.

Для того, щоб отримати аналітичні залежності показників ефективності діагностування, введемо поняття *елементарних діагностичних операцій*, під якими будемо розуміти елементарні дії  $D_j(t); j = \overline{1, K}$ ,  $\pi\{\pi_{j_1} \dots \pi_{j_r}\}$ , що здійснюються сукупністю перевірок персоналом певного об'єкта за деякий час. Ефективність використання елементарних операцій характеризується вірогідністю контролю, повнотою контролю, часом виявлення несправності, часом пошуку місця несправності, ліквідації пошкодження, вартістю та іншими показниками, які можна відображати через послідовність операцій. Наприклад, вірогідність контролю є функцією елементарних операцій.

$$B = f(D_1(t), D_2(t) \dots D_k(t)). \quad (2.82)$$

Аналогічно можна записати вираз для інших показників: вірогідність діагностування; якість роботи вимірювальних приладів; апаратура, яка виконує функцію прийняття рішень; правильної дії людини-оператора.

Всі ці фактори мають випадковий характер, врахувати їх складно. Розглянемо схему взаємодії ОД і засобів діагностування. Якщо ЗД надійні, а ОД повністю описується сукупністю контрольованих параметрів, то схема прийняття рішення показана в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Схема прийняття рішення при діагностуванні

Дійсний стан ОД	Прийняття рішення	Умовне позначення подій	Ймовірність складної події
Справний $Q$	Справний $S$	$Q S$	$P_1$
	Несправний $\bar{S}$	$Q \bar{S}$	$P_{л}$
Несправний $\bar{Q}$	Справний $S$	$\bar{Q} S$	$P_H$
	Несправний $\bar{S}$	$\bar{Q} \bar{S}$	$P_2$

Ймовірності  $P_1, P_2$  відповідають правильному прийняттю рішення при контролі;  $P_{л}, P_H$  – неправильному, яке виникає внаслідок неточності вимірювальних пристроїв. Ймовірність хибної несправності  $P_{л}$  (похибка 1-го роду) і невизначеної несправності (похибка 2-го роду) може бути визначено як

$$\left. \begin{aligned} P_{л} &= \int_{G_0} W_c(x) dx, x \in G_0; \\ P_H &= \int_{G_1} W_c(x) dx, x \in G_1; \end{aligned} \right\} \quad (2.83)$$

де  $W_c(x)$  – функція розподілу похибки вимірювання;

$G_0, G_1$  – область інтегрування, яка визначається вибраним допуском.

Вірогідність діагностування

$$B = 1 - (P_{л} + P_H). \quad (2.84)$$

Схема прийняття рішення, з урахуванням відмови СД, наведена в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Схема прийняття рішення при діагностуванні з урахуванням відмови СД

Дійсний стан		Прийняття рішення	Умови позначення події	Ймовірність складної Події
ОД	ЗД			
Справний Q	Справні K	Справний S	Q, K, S	P <sub>1</sub>
Несправний $\bar{Q}$		Несправний $\bar{S}$	Q, K, $\bar{S}$	P <sub>л</sub>
Справний Q	Несправні $\bar{K}$	Справний S	$\bar{Q}$ , K, S	P <sub>3</sub>
Несправний $\bar{Q}$		Несправний $\bar{S}$	$\bar{Q}$ , K, $\bar{S}$	P <sub>н</sub>
Справний Q	Несправні $\bar{K}$	Справний S	Q, K, S	P <sub>1</sub>
Несправний $\bar{Q}$		Несправний $\bar{S}$	Q, $\bar{K}$ , $\bar{S}$	P <sub>л</sub>
Справний Q	Несправні $\bar{K}$	Справний S	$\bar{Q}$ , $\bar{K}$ , S	P <sub>н</sub>
Несправний $\bar{Q}$		Несправний $\bar{S}$	$\bar{Q}$ , $\bar{K}$ , $\bar{S}$	P <sub>2</sub>

Для комплексного оцінення вірогідності ЗД потрібно врахувати ступінь повноти відображення параметрами, що контролюються, наявність дефектів (методична складова) і ступінь P<sub>н</sub> визначення діагностичних ознак контрольно-вимірювальною апаратурою (інструментальна складова)

$$P_K = P_d P_{н}, \quad (2.85)$$

де  $P_d = P(x_i)P(K_i/x_i)/R$ ;

$P(x_i)$  – ймовірність виникнення відмови причини  $x_i$ ;

$P(K_i/x_i)$  – умовна ймовірність ознаки  $K_i$  за наявності причини відмови  $x_i$ ;

$$R = \sum_{i=1}^m P(x_i)P(K_i/x_i);$$

$m$  – число ознак.

Складова P<sub>н</sub> визначається точністю приладів, які використовують для вимірювання і прийняття рішення (P<sub>н</sub> = B).

Проектування систем діагностування потребує визначення раціональних способів розташування в контрольованому об'єкті вузлів та пристроїв системи діагностування. Найефективнішими критеріями оцінення раціональності розташування комплексу вважають [60] коефіцієнт готовності діагностованої системи і кількість необхідних запасних частин. Ці

показники безпосередньо залежать від співвідношення між облаштованою і автономною частинами систем діагностування.

Для комбінованої системи діагностування систем електропостачання промисловості та агропромислового комплексу [61] найприйнятнішим є змішаний спосіб побудови. У цьому випадку на підстанції облаштовуються засоби релейного захисту, автоматичного контролю ізоляції, фіксатори параметрів аварійного режиму для визначення відстані до місця пошкодження, тобто давачі-перетворювачі. Останні групуються в окремі блоки. Центральна частина системи є автономною. Інформація про технічний стан об'єкта передається каналами телемеханіки на диспетчерський пункт, де оператором приймається рішення про виконання подальших операцій або про подальше використання об'єкта. Існує можливість дій з метою уточнення діагнозу або керування об'єктом в процесі діагностування. В процесі діагностування між технічними засобами та оператором розподіляються функції, виконання яких визначається програмою, побудованою на взаємопов'язаних математичних і логічних операціях, що утворюють окремі алгоритми [59, 62].

Основними режимами роботи такої системи є: робочий режим (Р); режим перевірки об'єкта та пошуку місця пошкодження (ПО); режим перевірки системи діагностування. Кожен із режимів характеризується несумісними станами, що утворюють групу подій:  $s_0$  – непошкоджений комплекс;  $s_1$  – пошкоджена РМ;  $s_2$  – пошкоджена центральна частина системи діагностування;  $s_3$  – пошкоджені давачі-перетворювачі;  $s_4$  – пошкоджені підкомутатори. Якщо через  $\lambda$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  позначити, відповідно, середню інтенсивність відмов РМ, центральної частини системи діагностування і системи телемеханіки, а через  $\mu$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$  – середню інтенсивність відновлення, відповідно, РМ, центральної частини системи діагностування, давачів-перетворювачів, каналу зв'язку; через  $\nu$ ,  $\eta$ ,  $\varepsilon$  – середню інтенсивність, відповідно, контролю, діагностичного циклу та циклів перевірки системи діагностування, то модель, що відповідає змішаній системі, може бути відображена графом, що зображений на рисунку 2.12. При сталому процесі для графу, що зображений на рисунку, можна отримати систему рівнянь

$$\left. \begin{aligned}
& \eta A_{11} - (v + \lambda + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) A_1 = 0; \quad \lambda A_1 - v A_2 = 0; \\
& \lambda_1 A_1 - v A_3 = 0; \quad \lambda_2 A_1 - v A_4 = 0; \\
& \lambda_3 A_1 - v A_5 = 0; \\
& v A_1 + \mu_1 A_{13} + \mu_2 A_{14} + \mu_3 A_{15} - (\lambda + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \varepsilon) A_6 = 0; \\
& v A_2 + \lambda A_6 - \varepsilon A_7 = 0; \quad v A_3 + \lambda_1 A_6 - \varepsilon A_8 = 0; \\
& v A_4 + \lambda_2 A_6 - \varepsilon A_9 = 0; \quad v A_5 + \lambda_3 A_6 - \varepsilon A_{10} = 0; \\
& \varepsilon A_6 + \mu A_{12} - (\eta + \lambda + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) A_{11} = 0; \\
& \varepsilon A_7 + \lambda A_{11} - \mu A_{12} = 0; \quad \varepsilon A_8 + \lambda_1 A_{11} - \mu_1 A_{13} = 0; \\
& \varepsilon A_9 + \lambda_2 A_{11} - \mu_2 A_{14} = 0; \quad \varepsilon A_{10} + \lambda_3 A_{11} - \mu_3 A_{15} = 0.
\end{aligned} \right\} \quad (2.86)$$

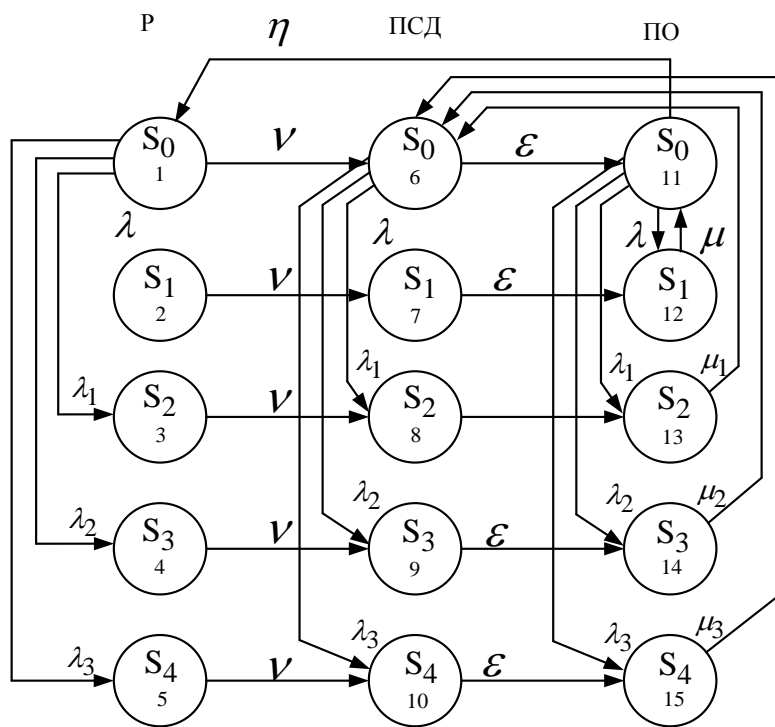


Рисунок 2.12 – Граф змішаного розміщення апаратури діагностування РМ

В системі (2.86) коефіцієнти  $A_i = f(\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3, v, \varepsilon, \eta)$  визначаються з системи рівнянь

$$\left. \begin{aligned}
& p_2 = A_2 p_1; \\
& p_3 = A_3 p_1; \\
& \dots\dots\dots \\
& p_k = A_k p_1.
\end{aligned} \right\} \quad (2.87)$$

де  $p_i$  – ймовірність станів, що відповідають готовності відновлюваної РМ;  
 $p_1$  – сума ймовірностей всіх станів РМ.

Коефіцієнт готовності визначається як відношення суми ймовірностей станів, що відповідають готовності відновлюваної РМ, до суми ймовірностей всіх станів системи, тобто

$$K_{\Gamma} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{\sum_{i=1}^{15} A_i}. \quad (2.88)$$

З виразу (2.88) випливає, що коефіцієнт готовності залежить від параметрів безвідмовності, ремонтоздатності і характеристик проведення діагностування. При проектуванні системи діагностування систем електропостачання параметри мають бути заданими, тому методика, що пропонується, дозволяє вирішити задачу впливу змінних параметрів системи діагностування  $\varepsilon, \nu$  на коефіцієнт готовності комплексу з різними способами його побудови.

Задача формування діагностичного комплексу зводиться до визначення оптимізованого способу розміщення апаратури діагностування для тієї чи іншої частини СЕП і знаходження оптимізованих співвідношень обсягу контрольних операцій, які виконуються вручну, та обсягу автоматизованих операцій.

Якщо  $K_{\Gamma \min}$  – допустимий коефіцієнт готовності комплексу;  $\lambda_{i \text{ доп}}$  – мінімальний обсяг контрольованої системи, що допускає розміщення апаратури за  $i$ -м варіантом;  $C_i$  – витрати, пов'язані з використанням запасних частин у вибраному варіанті розміщення апаратури діагностування;  $C_{\max}$  – максимальні витрати, пов'язані з використанням запасних частин, і готовність в цілому в разі розміщення апаратури з  $n$  блоків можна визначити як

$$D_K = K_{\Gamma 1}(1-p_1) + K_{\Gamma 2}(1-p_2) + \dots + K_{\Gamma i}(1-p_i) + \dots + K_{\Gamma n}(1-p_n), \quad (2.89)$$

де  $p_i$  – ймовірність відсутності пошкодження в  $i$ -му блоці.

Коефіцієнт готовності кожного блока знаходиться відповідно до (2.88). Вважаючи, що

$$Q_i = 1 - p_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.90)$$

можна знайти вираз, що визначає раціональність прийнятого способу формування кожного з блоків

$$g_i(x) = f(K_{\Gamma i} Q_i)(1 - C_i/C_{\max}). \quad (2.91)$$

Для комплексу в цілому

$$Fn(C, D_k) = g_1(x) + \dots + g_n(x) = \sum_{i=1}^n f(K_{\Gamma_i} \cdot Q_i)(1 - C_i/C_{\max}). \quad (2.92)$$

Максимальна величина цільової функції знаходиться з рекурентного виразу

$$Fn(C, D_k) = \max_{C_n, D_{k_n}} \left\{ g_n(C_n, D_{k_n}, Q_n) + f_{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n (C_i - C_n); \right. \right. \\ \left. \left. \sum_{i=1}^N (K_{\Gamma_i}, Q_i - D_{k_n}, Q_n) \right] \right\} \quad (2.93)$$

з обмеженнями

$$\left. \begin{aligned} D_{k \min} &\leq \sum_{i=1}^n K_{\Gamma_i} Q_i; \\ C_{\max} &\geq \sum_{i=1}^n C_i; \\ \lambda_{i \text{ доп}} &\geq \lambda_1; \\ \lambda_{n \text{ доп}} &\geq \lambda_n. \end{aligned} \right\}. \quad (2.94)$$

Оптимізація цільової функції – трудомісткий процес, але його можна формалізувати. Розрахунки можна виконати за допомогою ЕОМ за спеціальною програмою.

## 2.7 Порівняння

Метод пізнання, який встановлює подібність або відмінність різних об'єктів дослідження за певними властивостями називають **порівнянням**. В процесі порівняння здійснюють зіставлення предметів або явищ навколишнього середовища з метою встановлення подібності чи відмінності між ними, а також виявлення загального, що може бути властивим двом або кільком об'єктам дослідження. [8, 9]

Порівняння є основним емпіричним методом для систематизації й класифікації понять. Це дає змогу зіставити невідоме з відомим, пояснити нове через вже наявні поняття і категорії, але порівняння в пізнанні носить поверховий характер, відображаючи лише перші етапи дослідження. Разом з тим порівняння є передумовою для проведення аналогії.

Метод порівняння має задовольняти такі вимоги: між явищами, що порівнюються, має існувати певна об'єктивна спільність; порівняння потрібно здійснювати за найсуттєвішими ознаками.

Кількісним результатом порівняння є відносна величина, яка показує, у скільки разів порівнювана величина більша (менша) за базисну, або скі-

льки одиниць однієї величини припадає на 100, на 1000 і т. д. одиниць іншої, базисної величини.

Розрізняють такі види порівнянь: порівняння з еталоном, нормативом, стандартом, оптимальним рівнем; порівняння в часі; територіально-просторове.

*Порівняння з еталоном* відіграє важливу роль при аналізі досліджуваних явищ, тому що будь-яке відхилення відносної величини від 1 чи 100% свідчить про порушення оптимальності процесу. *Порівняння в часі* використовують для характеристики напряму та інтенсивності будь-яких змін співвідношення різних явищ за два періоди чи моменти часу. Базою для порівняння може бути або попередній, або більш віддалений у часі рівень.

Найчастіше *територіально-просторові порівняння* – це регіональні чи міжнародні порівняння показників економічного розвитку або життєвого рівня населення. В цьому виді вибір бази порівняння довільний, важливо, щоб методика розрахунку порівнюваних показників була однаковою.

Варто зауважити, що порівняння є важливою передумовою узагальнення.

## 2.8 Узагальнення

Сукупність послідовних дій з об'єднання фактів в єдине ціле з метою виявлення типових характеристик і закономірностей, притаманних досліджуваному явищу, називають *узагальненням*.

Логічний процес переходу від одиничного до загального чи від менш загального до більш загального знання – це продукт розумової діяльності, форма відображення загальних ознак і якостей об'єктивних явищ – все це узагальнення. Узагальненню притаманна багатогранність видів і форм, у яких проявляються однакові за своєю суттю процеси. Воно передбачає поділ їх на складові, на групи особливого класу, тому найважливішими специфічними методами на етапі узагальнення даних є класифікації та використання узагальнювальних показників. [8, 9, 10]

Прості узагальнення полягають в об'єднанні, групуванні об'єктів на основі окремої ознаки. При комплексному узагальненні об'єкти з різними основами об'єднуються в єдине ціле, способом такої обробки є умовивід за аналогією. Об'єкти чи явища можуть порівнюватися, об'єкти можуть безпосередньо або опосередковано порівнюватися з будь-яким іншим об'єктом (еталоном). При безпосередньому порівнянні отримують якісні результати (більше – менше, вище – нижче). Отримані результати узагальнення і класифікацій оформляються у вигляді таблиць і графіків. Вони наочно і компактно подають інформацію щодо об'єкта дослідження.



## 2.9 Експеримент

*Експеримент* – це важливий елемент наукової практики, апробація знань досліджуваних явищ, процесів, система операцій, впливу або спостережень, спрямованих на отримання інформації про об'єкт в контрольованих або штучно створених системах. Експеримент вважається основою теоретичного знання, критерієм його дійсності, його проводять на підсумковому етапі дослідження, і він є критерієм істини теорії та гіпотез [9–11].

Метою експерименту є перевірка теоретичних положень, а також більш широкого й глибокого вивчення теми наукового дослідження. Він має бути проведений в короткий термін з мінімальними затратами та з високою точністю отриманих результатів. Методологія експерименту передбачає перехід дослідника від пасивного до активного способу діяльності.

Експеримент як науковий метод проводять у разі: потреби відшукати в об'єкті раніше невідомі властивості, перевірки правильності теоретичних викладок; демонстрації явища. В науково-дослідній практиці вищої школи маємо такі етапи експеримента: констатувальний; формувальний; корегувальний; контрольний.

Основні етапи проведення експерименту можуть бути такими: розробити план цілеспрямованого спостереження; визначити межі, у яких буде проходити експеримент; створити необхідні умови з урахуванням повторюваності ситуацій, урахувати зміни впливу, характеру та умов на об'єкт дослідження; проаналізувати результати експерименту.

Традиційний експеримент може дещо змінити схему, оскільки значно зростає комп'ютеризація, підвищується швидкість і точність його проведення, що дозволяє зменшити обсяги експериментальних досліджень.

При проведенні експерименту важливе значення має порядність виконавців, яка суттєво може вплинути на чистоту експерименту; обов'язковим є ведення журналу, де записується тема дослідження, прізвище виконавця, час, місце проведення експерименту, характеристика навколишнього середовища, дані про об'єкт, засоби вимірювань, результати спостереження, а також інші дані, які можуть бути потрібними для оцінювання результатів дослідження.

Дуже важливо правильно вибрати методи аналізу і обробки дослідних даних, визначення емпіричних залежностей, встановлення критеріїв та інтервалів. Варто ретельно порівняти факти, причини, що зумовили хід того чи іншого процесу, і встановити адекватність гіпотези та експерименту.

При визначенні емпіричних залежностей доцільно використовувати графічні методи, за допомогою яких наочно можна побачити результати, виявити загальний характер функціональної залежності змінних величин. Для дослідження закономірностей складних процесів, які залежать від великої кількості чинників, інколи невідомих, застосовують кореляційний аналіз.

## 2.10 Інші емпіричні методи дослідження

До інших емпіричних методів дослідження відносять: інтерв'ю, анкетування, рейтинг, експертного оцінювання, самооцінки, аналіз даних [8, 9, 10, 11].

Основою інтерв'ю, анкетування, методів збирання інформації, є опитування. При опитуванні інформацію збирають шляхом реєстрації показників, отриманих в результаті опитування людей. Цей метод є універсальним, оскільки дозволяє одержати інформацію не лише про факти, а й про мотиви, причини, що їх зумовили. Інтерв'ю проводять у формі вільної бесіди, під час якої ставляться питання, відповіді на які дозволяють отримати потрібну інформацію. Опитування за допомогою анкети проводять за регламентованою програмою, розробляється анкета, яка містить структурно організований набір питань, кожне з яких дозволяє отримати дані, передбачені програмою опитування. Опитування шляхом бесіди – це метод отримання інформації шляхом безпосереднього спілкування дослідника з респондентом. Його перевага, порівняно з анкетною, – можливість фіксації реакції респондентів на поставлені запитання, а недоліки полягають в неможливості постановки запитань інтимного, конфіденційного характеру; великий час, необхідний для проведення; вплив дослідника на респондента.

*Опитування за допомогою анкети* має значно більше переваг: можливість одночасного опитування великої кількості респондентів; швидкість обробки отриманих результатів; можливість проведення анонімною анкети, яка дозволяє отримати більш відверті відповіді. Застосовують також закриту анкету, яка передбачає варіанти відповідей, які потрібно тільки вибрати, підкреслити, чи відмітити іншим способом.

До загальних вимоги опитувальних методів відносять: має визначатися оптимальна кількість запитань; обов'язкове проведення інструктажів респондентів; зрозумілість і чіткість поставлених запитань; бажане застосування запитань на перевірку усвідомленості й відвертості відповідей: постановка питань одного і того ж змісту через кілька пунктів (перевірка усвідомленості), постановка питань загального характеру, які мають один варіант правильної відповіді (перевірка відвертості). За цією шкалою визначають чи можна довіряти результатам опитування.

Рекомендують таку послідовність опитування: постановка мети; розробка запитань; перевірка запитань експертами; проведення пробного дослідження на невеликій кількості респондентів (5–6) з метою вивчення зрозумілості запитань; доопрацювання опитувальника відповідно до пробної перевірки; організація масового дослідження; обробка результатів, формування висновку.

*Рейтинг* – оцінювання популярності якоїсь особи, організації, підприємства, результати їхньої діяльності, програм, планів, політики у певний час шляхом голосування, соціологічних опитувань, анкет, на основі чого

визначається місце, яке вони посідають серед собі подібних.

*Експертна оцінка* – це використання професійного досвіду та інтуїції спеціалістів для розв’язування аналітичних задач, особливо при прогнозуванні розвитку економічних ситуацій. Найбільше розповсюдження серед методів експертних оцінок отримали: метод колективних експертних оцінок; метод «мозкового штурму»; морфологічний метод аналізу; метод семикратного пошуку; метод асоціацій та аналогій; метод колективного блокнота і контрольних запитань.

Для виявлення єдиного колективного судження спеціалістів-експертів при обговоренні поставленої економічної проблеми в результаті певних компромісів використовують метод колективних експертних оцінок. Найпростішим методом експертних оцінок є ранжування певних показників.

В *методі «мозкового штурму»* штучно створюється атмосфера, яка сприяє народженню нестандартних думок. Розрізняють прямий і зворотний «мозковий штурм». У випадку прямого допускається участь від 5 до 15 осіб. В обговоренні (сесії) беруть участь спеціалісти різного профілю та з різним досвідом роботи. Вони знайомі з ситуацією, але не надто добре знають суть проблеми і мають бути незалежними. Після ознайомлення зі змістом завдання спеціалісти проводять дискусію у невимушеній формі, де заборонено критикувати ідеї, відхилятися від теми. Обмежується також час дискусії.

В разі зворотного «мозкового штурму» основну увагу приділяють виявленню недоліків пропозицій, обхідних шляхів тощо.

*Морфологічний метод аналізу* ґрунтується на повній відсутності якогось-небудь нав’язливого і попереднього судження і використовує структурні взаємозв’язки сукупності економічних явищ. Він використовується як упорядкований спосіб економічного дослідження об’єкта та отримання систематизованої інформації з усіх можливих варіантів рішень. Такий спосіб економічного дослідження має назву «морфологічного ящика», його будують у вигляді дерева цілей чи матриці, де у кожній ланці є лише одне рішення.

В *методі асоціацій та аналогій* нові ідеї та пропозиції виникають на основі зіставлення з іншими більш чи менш аналогічними об’єктами, навіть з інших сфер природи і суспільства.

В *методі колективного блокнота і контрольних запитань* висунення незалежних ідей кожним експертом здійснюють у вигляді «блокнота напрацьованих варіантів», де він описує кожен варіант опису, дає їм обґрунтування та здійснює їх ранжування.

Далі проводять підсумкове оцінювання за всіма висунутими ідеями та обґрунтованими варіантами змін. В кінці експерти віддають свої блокноти координаторові, який на їхній підставі дає узагальнену оцінку.

## Контрольні питання

1. Емпіричні методи дослідження.
2. Основні вимоги до емпіричних методів пізнання.
3. Визначення основних емпіричних методів пізнання.
4. Спостереження, послідовність підготовки та проведення.
5. Метрологія, метод безпосередньої оцінки та порівняння.
6. Дайте характеристику аналогових та цифрових методів вимірювання. Загальна характеристика засобів вимірювання.
7. Похибки результатів та засобів вимірювання.
8. Процедура контролю, вставка, якість контролю.
9. Контроль як вид управлінської діяльності, суб'єкт та об'єкт контролю, функції менеджменту. Показники вірогідності контролю.
10. Помилкові рішення, вірогідність прийняття рішень за результатами контролю. Багатопараметричний контроль та його показники.
11. Ідентифікація як емпіричний метод пізнання.
12. Параметричні методи ідентифікації.
13. Непараметричні методи ідентифікації.
14. Метод рекурентного оцінювання ідентифікації.
15. Діагностика як емпіричний метод дослідження.
16. Цілі та задачі технічної діагностики. Діагностичне забезпечення.
17. Види та методи технічної діагностики.
18. Діагностичні моделі аналогових об'єктів.
19. Діагностичні моделі на основі теорії подібності, моделі витрати ресурсу. Діагностичні моделі дискретних об'єктів.
20. Методи визначення умов роботоздатності.
21. Проблеми прогнозування технічного стану об'єкта на всіх етапах його життєвого циклу.
22. Філософський, фізичний, евристичний, математичний аспекти проблеми прогнозування. Аналітичний метод прогнозування.
23. Ймовірнісний метод прогнозування.
24. Прогнозування методом статистичної класифікації.
25. Математичне прогнозування, характеристика об'єкта, що прогнозується.
26. Аналіз моделей, які використовують при математичному прогнозуванні. Методи визначення точності прогнозування.
27. Методи визначення ефективності прогнозування.
28. Основні показники ефективності системи технічного діагностування. Проектування системи технічного діагностування.

## РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ ПІЗНАННЯ

### 3.1 Аналіз і синтез. Індукція і дедукція

При проведенні наукових досліджень індукцію розглядають як метод логічного висновку, намагаються формалізувати цей метод на основі теорії ймовірностей, що дозволяє чіткіше виокремити його логічні проблеми й евристичну цінність. [63, 64, 65]

В разі дедукції думка дослідника рухається від загального до часткового, це процес, у якому висновок щодо якогось елемента роблять на підставі знання загальних властивостей визначеної множини. Оскільки за допомогою дедуктивного методу отримують нові знання про те, що певний предмет або явище має ознаки, які властиві усьому класу, то це надає змогу краще пізнати одиничне. В основі дедукції лежить те, що кожний предмет або явище поєднують у собі єдність загального й одиничного, і це дає змогу пізнавати одиничне на базі знання про загальне.

Теоретичні методи пізнання дедукція та індукція тісно пов'язані між собою. Вони доповнюють одна одну, тому що індуктивне дослідження передбачає використання загальних теорій, законів, принципів, а дедукція неможлива без загальних положень, отриманих шляхом індукції. Індукція і дедукція пов'язані між собою, як аналіз і синтез.

### 3.2 Абстрагування. Аналогія

Метод наукового пізнання абстрагування – це логічний, розумовий відхід від несуттєвих властивостей, зв'язків, відношень об'єктів, що досліджуються, з одночасним виділенням їхніх суттєвих властивостей, сторін, ознак, які цікавлять дослідника. Цей метод дає змогу подумки відволікатися від несуттєвих, другорядних властивостей, ознак, зв'язків об'єкта й одночасно вирізняти і фіксувати ті, що є вагомими для суб'єкта пізнання, і здійснити це можна за допомогою сукупності логічних операцій, результатом яких є абстракція [63, 65, 66].

В науці існують такі види абстракції:

- ототожнення – утворення поняття через об'єднання предметів, що пов'язані відношеннями типу рівності, в особливий клас;
- ізолювання – виокремлення властивостей і відношень, які нерозривно пов'язані з предметами, та позначення їх певними термінами, що надає абстракціям статусу самостійних предметів;
- конструктивізація – відхилення від невизначеності меж реальних об'єктів;
- актуальна нескінченність – відхилення від незавершеності процесу утворення нескінченної множини, від неможливості опису її як певного переліку елементів;

- потенційна здійсненність – відхилення від реальних меж людських можливостей.

Під узагальненням розуміють логічний процес і результат переходу від одиничного до загального, від менш загального до більш загального. Важливо підкреслити, що це не просто виділення і синтезування схожих ознак, а проникнення в сутність явища чи процесу, виділення єдиного в різноманітному, загального в одиничному, закономірного у випадковому. Це і процес об'єднання за подібними властивостями або зв'язками в групи та класи.

Розрізняють в процесі пізнання такі види узагальнення: *індуктивне*, при якому дослідник послідовно рухається від окремих фактів до їх узагальненого виразу; *логічне*, при якому суб'єкт пізнання переходить від однієї, менш загальної думки, до іншої, більш загальної.

Протилежним процесу узагальнення є *обмеження*, що передбачає перехід від однієї загальної думки до іншої, менш загальної. Обмеження можуть бути локальними і глобальними.

Метод наукового пізнання, в якому дослідник рухається від знання схожості об'єктів певного класу за одними ознаками і робить висновок про їхню схожість і за іншими ознаками, називають *аналогією*. Висновки, що їх отримують за аналогією для конкретного об'єкта, мають лише правдоподібний характер і є одним із джерел наукових гіпотез й індуктивних міркувань [63, 67, 68].

Високий рівень вірогідності висновків за аналогією можна забезпечити шляхом виявлення не лише зовнішніх властивостей об'єктів або явищ, а й внутрішніх; важливо, щоб об'єкти були подібні за найважливішими та суттєвими ознаками, а не за другорядними і несуттєвими; коло ознак, які збігаються, має бути якомога ширшим; потрібно враховувати не лише схожість, а й відмінність для того, щоб остання не була перенесена на інший об'єкт.

Метод аналогії є гносеологічною основою моделювання, оскільки здійснює перенесення інформації про одні об'єкти на інші.

### **3.3 Моделювання, ідеалізація, формалізація**

*Моделювання* – це метод наукового пізнання, який полягає у відтворенні властивостей об'єкта дослідження на спеціально створеному аналогові – моделі. Модель – це об'єкт (явище, предмет, система), що знаходиться у відношенні подібності до модульованого об'єкта [63, 69, 70, 71, 72].

Таким чином, модель є аналогом об'єкта-оригіналу, який у процесі пізнання і на практиці служить для одержання та розширення знання (інформації) про оригінал з метою його конструювання, перетворення або управління ним.

Моделі бувають речові або матеріальні та логічні або ідеальні. На ві-

дміну від матеріальних, ідеальні моделі зафіксовані у відповідній знаковій формі та функціонують за законами логіки й математики. Це рисунки, схеми, економіко-математичні моделі, статистичні моделі, комп'ютерні моделі.

*Ідеалізація* – це метод наукового дослідження, у процесі якого відбувається максимальне відвернення від усіх реальних властивостей предмета або явища з одночасним до змісту створених понять неіснуючих ознак. Внаслідок ідеалізації утворюється ідеальний об'єкт, за допомогою якого подумки здійснюється конструювання поняття про об'єкти, що не існують у дійсності або практично нездійсненні, тобто наділення об'єктів нереальними або гіпотетичними властивостями. Ідеальний об'єкт стає теоретичною моделлю, якою оперують із теоретичних міркувань при дослідженні реальних об'єктів.

Варто розуміти, що ідеальні об'єкти є результатом не чистих фікцій, що не мають відношення до реальної дійсності, а складним та опосередкованим її відображенням. Ці об'єкти є реальними предметами і явищами не за всіма, а лише за деякими фіксованими ознаками, тобто, це спрощені і схематизовані образи реальних предметів, що дають змогу пізнавати їх глибше й ефективніше.

Метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення структури або їх властивостей за допомогою штучних мов називають формалізацією. При формалізації об'єктом дослідження є вже не зміст явищ, а їхня форма, що виражена за допомогою знаково-символьних систем, насамперед логіко-математичних, тобто, операції з міркуваннями про предмет замінюються діями зі знаками та символами.

Найвищим рівнем формалізації є штучна мова математики і математичної логіки, а звичайна мова – це найнижчий рівень формалізації. Перевага формалізації полягає в тому, що над формулами штучних мов можна здійснювати операції, отримувати нові формули і відношення.

### **Контрольні питання**

1. Індукція, основні методи індукції.
2. Дедукція та її об'єктивна основа і зв'язок з індукцією.
3. Абстракція та її види.
4. Узагальнення та його види.
5. Аналогія, підвищення вірогідності висновків моделі.
6. Моделювання, речові та логічні моделі.
7. Ідеалізація як метод наукового дослідження.
8. Формалізація як метод наукових досліджень.

## РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ В УКРАЇНІ

### 4.1 Вступ. Державна підтримка науки в Україні

Визначальним чинником прогресу суспільства, підвищення добробуту його членів, їхнього духовного та інтелектуального зростання в Україні є розвиток науки і техніки. Виходячи з цього існує необхідність пріоритетної державної підтримки розвитку науки і техніки як джерела економічного зростання і невід'ємної складової національної культури та освіти.

«Загальні цілі і завдання державної політики в Україні з наукової та науково-технічної діяльності спрямовані на: примноження національного багатства на основі використання наукових і науково-технічних досягнень; створення умов для досягнення високого рівня життя людей, їхнього фізичного та інтелектуального розвитку за допомогою використання сучасних досягнень науки і техніки; зміцнення національної безпеки на основі використання наукових і науково-технічних досягнень; забезпечення вільного розвитку наукової та науково-технічної творчості.

Регулювання та управління розвитком науки в Україні здійснюють Верховна Рада України, Кабінет Міністрів України і Президент України.

Як глава держави і гарант її державного суверенітету Президент України сприяє розвитку науки і техніки з метою забезпечення технологічної незалежності країни, матеріального достатку суспільства і духовного розквіту нації.

Основні засади і напрями державної політики у сфері наукової і науково-технічної діяльності, пріоритетні напрями розвитку науки і техніки та загальнодержавні (національні) програми науково-технічного розвитку України затверджує Верховна Рада.

Пропозиції щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки та її матеріально-технічного забезпечення подає Кабінет Міністрів Верховній Раді. Він також затверджує державні (міжвідомчі) науково-технічні програми та забезпечує їх реалізацію». [73]

Безпосередньо організацією науки в Україні займається Державний комітет у справах науки і технологій України. Він визначає разом з науковими установами напрям розвитку наукових досліджень та використання їх у народному господарстві, а також подає плани розвитку науки Уряду або Верховній Раді України на затвердження та забезпечення фінансування з державного бюджету або інших джерел.

«Управління науковою діяльністю будується за територіально-галузевим принципом. Науково-дослідну роботу в Україні ведуть такі організації: науково-дослідні та проєктні установи й центри Національної Академії наук України (НАН); науково-виробничі, науково-дослідні, проєктні установи системи галузевих академій; науково-дослідні, проєктні



установи і центри міністерств і відомств; науково-дослідні установи і кафедри закладів вищої освіти; науково-виробничі, проєктні установи і центри при промислових підприємствах, об'єднаннях.

Національна Академія наук України є вищим науковим органом держави, вона очолює і координує разом з Державним комітетом у справах науки та технологій України фундаментальні і прикладні дослідження в різних галузях науки. Крім цього НАН України є державною науковою установою, яка об'єднує всі напрями науки та підтримує міжнародні зв'язки з науковими центрами інших країн. В НАН України створена Міжвідомча рада з координації фундаментальних досліджень в Україні. Керівником НАН України є Президент, який обирається загальними зборами вчених. В своєму складі НАН України має відділення з відповідних галузей науки, зокрема, математики, інформатики, механіки, фізики і астрономії, наук про землю, хімії, загальної біології, економіки, історії, філософії, літератури, мови та мистецтва тощо, а також до складу НАН входять наукові інститути з відповідних галузей, є територіальні відділення (Донецьке, Західне, Південне та ін.) і територіальні філіали» [74].

В Україні також функціонують державні галузеві академії – Академія педагогічних наук України, Українська академія аграрних наук, Академія медичних наук України, Академія правових наук України, Академія мистецтв України.

«Матеріальне забезпечення діяльності академій щорічно визначаються у Державному бюджеті України окремими статтями, може здійснюватися за рахунок інших джерел, не заборонених законодавством України.

Свою діяльність академії здійснюють згідно з законодавством України та своїх статутів, які приймаються загальними зборами академій та затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Національна академія наук України та галузеві академії наук мають виключне право вибирати вчених України дійсними членами (академіками) та членами-кореспондентами, а іноземних учених – іноземними членами відповідних академій, самостійно визначають тематики досліджень, свою структуру, вирішують науково-організаційні, господарські, кадрові питання, здійснюють міжнародні наукові зв'язки, виконують замовлення органів державної влади щодо розроблення засад державної наукової і науково-технічної політики, проведення наукової експертизи проєктів державних рішень і програм.

Крім Державної ради при Президентові України створена очолювана ним Рада з питань науки та науково-технічної політики, основними завданнями якої є: вироблення пропозицій щодо державної політики у сфері наукової та науково-технічної діяльності, інтелектуальної власності та трансферу технологій; оцінювання стану науки та техніки в Україні; експертиза проєктів законів України, актів Президента України, Кабінету Міністрів України з питань наукової та науково-технічної діяльності, інтелектуальної власності та трансферу технологій; аналіз проєктів національних та

державних науково-технічних програм, пропозицій щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, основних засад та напрямів кадрової політики, підготовки, атестації наукових кадрів, міжнародного співробітництва з цих питань, поліпшення соціального захисту науковців та піднесення суспільного престижу їх праці; сприяння координації діяльності академій наук, закладів вищої освіти, галузевих науково-дослідних інститутів, підприємств, установ та організацій у сфері наукової та науково-технічної діяльності; розроблення пропозицій щодо створення цивілізованого ринку об'єктів інтелектуальної власності в Україні; підготовка пропозицій щодо фінансування наукової та науково-технічної діяльності, аналіз ефективності використання коштів, що виділяються для цього.

Основним засобом реалізації пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки шляхом концентрації науково-технічного потенціалу країни для розв'язання найважливіших природничих, технічних і гуманітарних проблем є державні наукові та науково-технічні програми. Розрізняють: загальнодержавні (національні); державні (міжвідомчі); галузеві (багатогалузеві); регіональні (територіальні) програми.

Міністерство освіти і науки України на основі цільових проєктів і розробок, відібраних на конкурсних засадах, формує державні наукові та науково-технічні програми, фінансування загальнодержавних (національних) науково-технічних програм щорічно визначається Верховною Радою України при прийнятті Закону України про Державний бюджет України.

Фінансування фундаментальних наукових досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук здійснює Державний фонд фундаментальних досліджень

В Україні діє низка міжнародних організацій, що здійснюють відбір пропозицій та фінансування вітчизняних і спільних наукових проєктів. Серед інших в Україні діють європейські програми науково-технічного співробітництва (TACIS, PECO, INTAS, COPERNICUS тощо)» [75].

Для розвитку науки в Україні важливою умовою є вдосконалення системи підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів. В Україні ця робота ведеться академіями, закладами вищої освіти, науково-дослідними інститутами та на виробництві. Підготовка наукових і науково-педагогічних кадрів – докторів філософії – здійснюється через аспірантуру, а підготовку кадрів вищої кваліфікації – докторів наук – забезпечує докторантура [76–79].

В Україні існує нормативно-правова база підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів. Вона забезпечена такими документами, як «Положення про підготовку науково-педагогічних і наукових працівників», «Положення про порядок проведення кандидатських іспитів», «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», «Перелік спеціальностей наукових працівників» та інші. Видається «Бюлетень ВАК» і журнал «Науковий світ», в яких можна ознайомитись із вищезазначеними документами.

## 4.2 Організаційна структура науки

Згідно з законодавством України [73, 76, 77] в державі діють громадські наукові організації, які мають право створювати тимчасові наукові колективи, утворювати для виконання статутних завдань науково-дослідні, проектно-конструкторські, експертні, консалтингові, пошукові організації, співпрацювати з іноземними та міжнародними організаціями, бути колективними членами міжнародних науково-фахових об'єднань, спілок, товариств.

«Державна влада через свої органи може залучати громадські наукові організації, за їхньої згоди, до участі у підготовці та реалізації рішень щодо наукової і науково-технічної діяльності, наукової і науково-технічної експертизи, науково-технічних програм, проєктів і розробок та у взаємодії з ними інформувати населення про безпеку, екологічну чистоту, економічну та соціальну значущість, екологічні та соціально-економічні наслідки реалізації відповідних програм, проєктів і розробок.

В суспільстві основними виробниками і носіями знань виступає наука в цілому та окремі вчені, наукові працівники, дослідники» [73].

Основним суб'єктом наукової і науково-технічної діяльності є вчений, він має право: «обирати форми, напрями і засоби наукової і науково-технічної діяльності відповідно до своїх інтересів, творчих можливостей та загальнолюдських цінностей; об'єднуватися з іншими вченими в постійні або тимчасові наукові колективи для проведення спільної наукової і науково-технічної діяльності; брати участь у конкурсах на виконання наукових досліджень, які фінансуються за рахунок коштів Державного бюджету України та інших джерел; здобувати визнання авторства на наукові і науково-технічні результати своєї діяльності; публікувати результати своїх досліджень або оприлюднювати їх іншим способом; брати участь у конкурсах на заміщення вакантних посад наукових і науково-педагогічних працівників; отримувати, передавати та поширювати наукову інформацію; здобувати державне і громадське визнання через присудження наукових ступенів, вчених звань, премій, почесних звань за внесок у розвиток науки, технологій; впровадження наукових, науково-технічних результатів у виробництво та за підготовку наукових кадрів» [76].

Відносно наукового працівника. Він може: виконувати науково-дослідну, науково-педагогічну, дослідно-конструкторську, дослідно-технологічну, проектно-конструкторську, проектно-технологічну, пошукову, проектно-пошукову роботу та (або) організовувати виконання зазначених робіт у наукових установах та організаціях, закладах вищої освіти III–IV рівнів акредитації, лабораторіях підприємств.

Наукова установа діє на підставі статуту (положення), що затверджується в установленому порядку. Вчена (наукова, науково-технічна, технічна) рада наукової установи є колегіальним дорадчим органом управління

науковою і науково-технічною діяльністю наукової установи. Вчена наукова, науково-технічна, технічна Вчена рада наукової установи: визначає перспективні напрями наукової і науково-технічної діяльності; здійснює наукову і науково-технічну оцінку тематики та результатів науково-дослідних робіт; розглядає та затверджує поточні плани наукових досліджень; затверджує теми дисертацій здобувачів та аспірантів, їх наукових керівників (консультантів); затверджує результати атестації наукових працівників; обирає за конкурсом на вакантні посади наукових працівників; у межах своєї компетенції розглядає питання про присвоєння вчених звань; вирішує інші питання діяльності наукової установи, визначені її статутом (положенням).

Кабінетом Міністрів України створюється Державний реєстр наукових установ, наукові установи вносяться Міністерством освіти і науки України до Державного реєстру наукових установ за умови проходження державної атестації. Ті наукові установи, які внесені до Державного реєстру, користуються податковими пільгами відповідно до законодавства України, але не можуть змінювати наукову і науково-технічну діяльність на інші види діяльності і зобов'язані не менш як 50 відсотків доходу від своєї діяльності спрямовувати на проведення ініціативних науково-дослідних робіт та розвиток дослідницької матеріально-технічної бази.

Науковій установі, закладу вищої освіти IV рівня акредитації, що проводять комплексні наукові дослідження загальнодержавного значення та мають світове визнання своєї діяльності, можуть надавати статус національного наукового центру.

#### **4.3 Пріоритетні напрями розвитку науки в Україні**

Сьогодні у структурі науки різко зростає роль теоретичних і фундаментальних наук, які створюють нові знання, збагачують суспільство новими підходами, даними, технологіями, оперативними знаннями для застосування їх у виробництві. Практично в усіх країнах світу фундаментальна наука фінансується з державного бюджету, а прикладні науки – приватними та комерційними структурами.

Для створення теоретичної бази фундаментальні науки мають розвиватись випереджальними темпами в циклі: фундаментальні – прикладні – розробки – впровадження.

У розвитку науки в Україні найбільш пріоритетними напрямами державної підтримки має стати: фундаментальна наука, насамперед, розробки вітчизняних наукових колективів, що мають світове визнання; прикладні дослідження і технології, в яких Україна має значний науковий, технологічний та виробничий потенціал і які здатні забезпечити вихід вітчизняної продукції на світовий ринок; вища освіта, підготовка наукових і науково-педагогічних кадрів з пріоритетних напрямів науково-технологічного розвитку; розвиток наукових засад розбудови соціально орієнтованої рин-

кової економіки; наукове забезпечення вирішення проблем здоров'я людини та екологічної системи, інформаційного та матеріально-технічного забезпечення наукової діяльності у сфері технологічного розвитку: дослідження і створення умов для високопродуктивної праці та сучасного побуту людини; розроблення засобів збереження і захисту здоров'я людини, забезпечення населення медичною технікою, лікарськими препаратами, засобами профілактики і лікування; розроблення ресурсів, енергозберігаючих технологій; розроблення сучасних технологій і техніки для електроенергетики, переробних галузей виробництва, в першу чергу агропромислового комплексу, легкої та харчової промисловості.

Для сфери виробництва в Україні: «формування наукоємних виробничих процесів, сприяння створенню та функціонуванню інноваційних структур (технопарків, інкубаторів тощо); створення конкурентоспроможних переробних виробництв; технологічне і технічне оновлення базових галузей економіки держави; впровадження високорентабельних інноваційно-інвестиційних проєктів, реалізація яких може забезпечити високу віддачу і започаткувати прогресивні зміни в структурі виробництва і тенденціях його розвитку» [77].

Для розширення сфери та масштабів попиту, пропозицій і розповсюдження науково-технічних знань в країні, комерційного впровадження науково-технічних розробок у виробництво потрібно «забезпечити підвищення рівня та розширення сфери науково-дослідних, дослідно-конструкторських розробок, зокрема шляхом систематичного підвищення частки витрат на науку в державному бюджеті; забезпечити розвиток фундаментальних досліджень, які мають особливе значення для переходу економіки на інноваційний шлях розвитку; оптимізацію структури установ та суб'єктів господарювання, що діють у науково-технічній сфері; формування в суспільстві методів сприяння інноваціям шляхом впровадження нових освітніх програм і розвитку системи безперервної освіти в науці, виробництві, сфері послуг» [78].

#### **4.4 Система підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів**

Вдосконалення системи підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів є важливою умовою розвитку науки в Україні. Для цього створена і успішно функціонує система підготовки таких кадрів. [74, 75, 76, 78]

Підготовка наукових і науково-педагогічних кадрів ведеться академіями, закладами вищої освіти, науково-дослідними інститутами та на виробництві. Принципи підготовки кадрів для різних сфер їх діяльності мають загальні риси, але є й специфічні особливості, наприклад, використовується «взаємозамінність» кадрів: у ЗВО запрошуються науковці з науково-дослідних інститутів, з виробництва і навпаки.

Як уже відмічалось, основною формою підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів в Україні є аспірантура. «Атестацію наукових

кадрів в Україні проводить Вища атестаційна комісія, яка створена у 1991 році постановою Кабінету Міністрів України, а атестацію науково-педагогічних кадрів здійснює Атестаційна комісія Міністерства освіти і науки України, у складі якої функціонує Управління керівних і науково-педагогічних кадрів. Створюється аспірантура при ЗВО, науково-дослідних інститутах, які мають відповідний кадровий склад і необхідну наукову і матеріальну базу. Із громадян України в аспірантуру відбирають найбільш здібних і підготовлених студентів, які мають вищу освіту і кваліфікацію спеціаліста або магістра, громадяни інших держав приймаються в аспірантуру на основі договорів, які укладаються з закладом вищої освіти або НДІ, а також на основі міждержавних і міжурядових угод.» [74]

Для прийому до аспірантури ЗВО, або НДІ заздалегідь об'являють конкурс, в якому можуть брати участь особи віком до 35 років на денне відділення і 45 років на заочне відділення. Термін навчання на денному відділенні аспірантури не більше трьох років і на заочному – чотири роки. При вступі до аспірантури складають іспити зі спеціальності, філософії та однієї з іноземних мов в обсязі навчальної програми ЗВО.

Навчання аспірантів ведеться за індивідуальним планом, затвердженим Вченою Радою ЗВО або НДІ на весь період навчання. За цей час аспірант зобов'язаний:

- скласти кандидатські іспити зі спеціальності, іноземної мови та філософії;
- виконати індивідуальний план, за результатами науково-дослідної роботи написати не менше п'яти статей і надрукувати їх у журналах, що входять до переліку видань ВАК України;
- оволодіти технікою й методикою проведення наукових досліджень; підвищувати свій професійний та загальнокультурний рівень.

Кожному аспіранту призначається науковий керівник, як правило, доктор або професор, для допомоги в проведенні наукових досліджень.. Обов'язок аспіранта бути постійно в полі зору керівника, вчитись у нього педагогічній та науковій майстерності, обговорювати напрями і результати дослідження. Щорічно аспірант має звітувати про хід виконання індивідуального плану на кафедрі або у відділі. Навчання в аспірантурі закінчується захистом дисертації на засіданні спеціалізованої одноразової Вченої Ради на здобуття наукового ступеня кандидата наук.

Крім підготовки наукових і педагогічних кадрів через аспірантуру застосовується підготовка поза аспірантурою і докторантурою, самостійно як здобувачі. Вони також прикріплюються до ЗВО або НДІ для складання іспитів, кандидатських екзаменів. Їх програми підготовки відповідно до спеціальності визначає Міністерство освіти і науки України і разом з ВАК України здійснює контроль за їх організацією і проведенням.

Заклад вищої освіти або НДІ, до яких прикріплений здобувач, проводить попередню експертизу дисертації, робить висновок про її наукову і практичну цінність. Наукова робота у вигляді дисертації, що подається на

здобуття наукового звання, має бути оформлена згідно з державними стандартами, загальним обсягом до 150 машинописних сторінок основного тексту.

Для підготовки кадрів вищої кваліфікації – докторів наук – створено докторантуру при закладах вищої освіти, наукових установах і організаціях, що мають необхідну наукову і матеріальну базу.

До докторантури приймаються особи, які мають науковий ступінь кандидата наук і значні наукові досягнення в обраній галузі науки, вони навчаються протягом трьох років і готують до захисту на спеціалізованій одноразовій раді дисертаційну роботу на здобуття наукового ступеня доктора наук. На відміну від вимог до кандидатської, в докторській дисертації мають бути сформульовані та обґрунтовані наукові положення, що характеризують нові напрямки у відповідній галузі науки, або зроблено теоретичні узагальнення і вирішені значні наукові проблеми, що мають важливе народногосподарське або соціальне значення. Попередньо апробована дисертація подається для прилюдного захисту до спеціалізованої одноразової Вченої ради. Для аналізу дисертації спецрадою призначаються офіційні опоненти: при захисті докторської дисертації – три доктори наук; при захисті кандидатської – один доктор наук, другий кандидат наук (можна і доктор), які подають до спецради свої відгуки.

Нормативно-правова база підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів, знайшла відображення в таких документах, як «Положення про підготовку науково-педагогічних і наукових працівників», «Положення про порядок проведення кандидатських іспитів», «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», «Перелік спеціальностей наукових працівників» та інші. З 1997 року ВАК України видає «Бюлетень ВАК», а з 1998 року – журнал «Науковий світ».

#### **4.5 Науково-дослідна робота студентів**

В сучасних умовах основним завданням ЗВО [74–76] є підготовка всебічно розвинених, здатних безперервно вчитись, поповнювати і поглиблювати свої знання фахівців. Для виконання цього завдання потрібно, перш за все, навчати студентів думати, самостійно вчитись, адаптуватись до суспільства, яке змінюється, підвищувати свій теоретичний та професійний рівень. Вища школа має сприяти вирішенню цих завдань шляхом «інтеграції науки, освіти і виробництва, оперативно і гнучко змінювати зміст навчального матеріалу, поєднувати цілі і напрями навчальної, наукової і виховної робіт, забезпечувати тісний взаємозв'язок усіх форм і методів наукової роботи студентів, що реалізується як у процесі навчання, так і поза навчальним часом» [74]. Для успішного виконання студентами науково-дослідної роботи ЗВО має забезпечити активну участь студентів у науковій роботі протягом усього періоду навчання, поступово ускладнюючи завдання з орієнтацією студента за напрямом його спеціальності, забезпе-

чити взаємодії в науковій роботі студентів старших і молодших курсів, мати тісний зв'язок наукової роботи з навчальною і науковою діяльністю кафедр.

Реалізація цих вимог закладом вищої освіти в комплексі сприяє тому, що науково-дослідна робота студентів забезпечує: «формування наукового світогляду, оволодіння методологією і методами наукового дослідження; оволодіння спеціальністю та досягнення високого професіоналізму, розвиток творчого мислення та індивідуальних здібностей студентів у вирішенні практичних завдань; прищеплення студентам навиків самостійної науково-дослідної роботи; розвиток ініціативи, здатності застосовувати теоретичні знання в практичній роботі, залучення здібних студентів до розв'язання наукових проблем, що мають важливе значення для теорії і практики» [75].

В документі «Положення про наукову роботу студентів», розробленим Міністерством освіти і науки України чітко сформульовані завдання для кафедр і факультетів, які зводяться до: поєднання навчання з науковою роботою студентів з метою отримання конкретних результатів, які можуть бути інтелектуальною власністю студента і використовуватись у подальшій роботі; залучення студентів до участі в науково-дослідній діяльності наукових шкіл, забезпечення співробітництва з провідними науковими та науково-педагогічними працівниками ЗВО, безпосередня участь студентів у проведенні фундаментальних досліджень, залучення їх до виконання держбюджетних тем. На цих матеріалах мають виконуватись дипломні роботи. [76].

Варто зауважити, що всі види і форми науково-дослідної роботи студентів направлені на активізацію творчих здібностей, застосування наукових методів при вирішенні практичних завдань НДРС мають відповідати основним напрямкам науково-дослідної діяльності закладу вищої освіти, факультету і основну роль в організації НДРС відіграють профільні, випускові кафедри, які у межах навчального плану, який є обов'язковим для кожного студента і охоплює майже всі форми навчальної роботи, забезпечують: написання наукових рефератів з конкретної теми в процесі вивчення дисципліни соціально-гуманітарного циклу, фундаментальних і професійно-орієнтованих, спеціальних дисциплін, курсів спеціалізації та за вибором; виконання лабораторних, практичних, семінарських та самостійних завдань, контрольних робіт, що містять елементи проблемного пошуку; виконання нетипових завдань дослідницького характеру в період виробничої практики та на замовлення; підготовка та захист курсових і дипломних робіт, пов'язаних із науковою проблематикою кафедри. Методика постановки та проведення НДРС у навчальному процесі визначається специфікою, традиціями, науковою і матеріально-технічною базою ЗВО. [76].

Науково-дослідна робота студентів проводиться і поза навчальним процесом: у роботі наукових гуртків, творчих секцій, лабораторій; при виконанні держбюджетних та господарських наукових робіт, проведенні досліджень у межах творчої співпраці кафедр, факультетів, комп'ютерного



центру тощо; у написанні статей, тез, доповідей; у наукових конференціях, конкурсах, предметних олімпіадах.

Наукові гуртки, як правило, працюють на кафедрах – це невеликий й творчий колектив (10–15 осіб), якими керує досвідчений викладач кафедри, помічником якого є студент.

Кращі студенти можуть бути рекомендовані до вступу в аспірантуру, на викладацьку роботу, їх роботи публікуються в наукових журналах, доповідаються на конференціях різних рівнів – від факультетської до загальнодержавної, – висувуються на конкурси, на отримання премії.

### **Контрольні питання**

1. Державна політика України з наукової та науково-технічної діяльності.
2. Організація науки в Україні та її функції.
3. Вищий науковий орган України та його функції.
4. Основні завдання Ради з питань науки та науково-технічної політики при Президентові України.
5. Які існують державні та науково-технічні програми, як вони створюються та фінансуються.
6. Система підготовки наукових та науково-технічних кадрів в Україні.
7. Умови успішного виконання студентської науково-дослідної діяльності.
8. Завдання для кафедр і факультетів з організації наукової роботи студентів.

## **РОЗДІЛ 5 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

### **5.1 Загальні положення**

Магістерська кваліфікаційна робота (МКР) є «підсумковою кваліфікаційною роботою, яка виконується відповідно до напрямів наукових і прикладних досліджень та має засвідчити: рівень професійної підготовки випускника; вміння застосовувати здобуті у закладі вищої освіти знання для вирішення складних науково-практичних завдань; свідоме засвоєння знань та їх систематизацію; наявність у студента навичок наукової роботи; здатність критично й креативно мислити» [79]. Вона є одним із «видів індивідуальних робіт студента, оригінальним, завершеним науковим дослідженням виконується на основі поглибленого вивчення спеціальної вітчизняної та зарубіжної літератури, передового досвіду з обраної проблеми, а також результатів власних досліджень реального об'єкта з метою вирішення визначених наукових та прикладних завдань у сфері майбутньої професійної діяльності» [80].

Для керування МКР призначається викладач, який має науковий ступінь доктора або кандидата наук, вчене звання доцента або професора. Основна мета виконання магістерської кваліфікаційної роботи — визначити рівень підготовленості студента до розв'язання комплексу наукових і прикладних завдань відповідно до узагальненого об'єкта діяльності на основі застосування системи теоретичних знань і практичних навичок, отриманих у процесі всього періоду навчання. Вона має містити результати власних теоретичних і прикладних досліджень, бути написана українською мовою, в науковому стилі, має бути логічною та аргументованою.

### **5.2 Основні етапи підготовки та виконання магістерської кваліфікаційної роботи**

В роботі [81] пропонують такі основні етапи підготування та виконання МКР: «вибір та затвердження теми; складання та затвердження завдання на магістерську кваліфікаційну роботу; проведення досліджень; опрацювання та викладення результатів досліджень; оформлення магістерської кваліфікаційної роботи; попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи на кафедрі».

### **5.3 Вибір теми магістерської кваліфікаційної роботи**

Тему магістерської кваліфікаційної роботи пропонує випускова кафедра, але студент може самостійно обрати тему МКР, відповідно до тематики кафедри. За погодженням із керівником студент може запропонувати

свою тему дослідження за умов відповідного обґрунтування доцільності її розробки. Назва теми магістерської роботи має вказувати на мету і предмет магістерського дослідження та його завершеність; [80–82], бути лаконічною, без скорочень, відповідати обраній науковій спеціальності та суті вирішуваної наукової проблеми, відображати суть об'єкта дослідження і бути максимально конкретизованою.

#### **5.4 Зміст і обсяг пояснювальної записки**

Пояснювальна записка (ПЗ), за своїм змістом, має відповідати індивідуальному та технічному завданням на виконання науково-дослідної роботи і містити у собі: Титульний аркуш; Індивідуальне завдання; Анотацію державною та іноземною мовами; Зміст; Вступ; Техніко-економічне та науково-дослідне обґрунтування; Аналіз літературних джерел за напрямком дослідження; Постановку завдання; Розробку методів, способів і засобів; Експериментальні дослідження; Економічний розділ; розділ «Охорона праці»; Висновки; Перелік використаних джерел; Додатки [80, 81, 83].

У вступі показана актуальність та необхідність виконання роботи для розвитку окремої галузі, підприємства, організації, установи.

Перший розділ МКР має носити теоретичний характер, де висвітлюється теоретичне обґрунтування проблеми, розглядається її сутність, історія та сучасні тенденції об'єкта. Обсяг першого розділу не має перевищувати 20% загального обсягу МКР.

Другий розділ МКР має носити аналітико-дослідницький характер, всі аналітичні розрахунки, графіки, таблиці, діаграми цього розділу супроводжують тлумаченням та висновками, які пояснюють сутність і стан процесів та явищ, що досліджуються. обов'язковим при цьому є використання сучасних інформаційних технологій, прикладного програмного забезпечення. Обсяг другого розділу – 30–35% загального обсягу МКР.

У третьому розділі на базі теоретичних положень методичних підходів першого розділу, а також результатів аналізу, наведених у другому розділі МКР, потрібно викласти пропозиції щодо перспектив розвитку та вдосконалення об'єкта дослідження. Пропозиції щодо об'єкта дослідження потрібно обґрунтувати на основі розрахунків, і вони мають мати реалістичний характер. Обсяг третього розділу – 30% загального обсягу роботи

#### **Контрольні питання**

1. Основні етапи підготовки та виконання магістерської кваліфікаційної роботи.
2. Вибір теми магістерської кваліфікаційної роботи.
3. Вимоги до змісту пояснювальної записки магістерської кваліфікаційної роботи.
4. Правила оформлення переліку літературних джерел в магістерській кваліфікаційній роботі.

## РОЗДІЛ 6 ОФОРМЛЕННЯ ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

Інтелектуальну діяльність людини називають винаходом (корисною моделлю). Права власності на винаходи (корисні моделі) в Україні, регулюються Цивільним кодексом України та Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» (далі – Закон України).

«Патент засвідчує набуття права інтелектуальної власності на винахід (корисну модель). Патент на винахід – різновид патенту, що видається за результатами кваліфікаційної експертизи заявки, а патент на корисну модель видається за результатами формальної експертизи заявки» [84].

Для патенту на винахід строк дії становить 20 років з моменту подання заявки, а на корисну модель становить 10 років від дати подання заявки.

### 6.1 Загальні положення. Об'єкт винаходу

Відомо, що об'єктом винаходу (корисної моделі) є технологічне рішення певного завдання, або потреби, їх впровадження дозволяє досягти більш високих технологічних результатів порівняно з конкурентами, що, у свою чергу, знижує вартість товарів, виготовлених із застосуванням винаходу (корисної моделі), а також ефективність їхнього виробництва [84].

«Права, що випливають із патенту, починають діяти від дати публікації відомостей про видачу патенту, обсяг правової охорони визначається сукупністю суттєвих ознак, що містяться у формулі винаходу (корисної моделі), тлумачення формули здійснюється в межах опису винаходу (корисної моделі) і відповідних креслень» [85].

Основними характеристиками патентоспроможності винаходу є новизна, винахідницький рівень, промислова придатність, а корисної моделі – новизна, промислова придатність.

Винахід (корисна модель) вважається новим (новою), якщо він (вона) не є частиною рівня техніки, що містить у собі всі відомості, які стали загальнодоступними у світі до дати подання заявки.

Вважають, що винахідницький рівень існує, якщо для фахівця в певній галузі він не є очевидним, тобто не впливає явно з рівня техніки.

Згідно з Законом України «Про охорону прав на винахід і корисну модель» винахідник має право на використання винаходу (корисної моделі) за своїм розсудом; виключне право дозволяти використання винаходу (корисної моделі) (видавати ліцензії); виключне право перешкоджати неправомірному використанню винаходу (корисної моделі), зокрема забороняти таке використання; інші права інтелектуальної власності, встановлені законом, а саме: виготовлення продукту з застосуванням запатентованого винаходу (корисної моделі), застосування такого продукту, пропонування для продажу, зокрема через Інтернет, продаж, імпорт (ввезення) та інше

введення його в цивільний оборот або зберігання такого продукту в зазначених цілях; застосування процесу, що охороняється патентом, або пропонування його для застосування в Україні, якщо особа, яка пропонує цей процес, знає про те, що його застосування забороняється без згоди власника патенту, або, виходячи з обставин, це і так є очевидним.

## **6.2 Процедура одержання патенту на винахід**

Винахідники мають знати, що процедура одержання патенту на винахід в Україні займає 2–3 роки, патенту на корисну модель – до одного року.

Державним органом, що уповноважений видавати патенти на винаходи (корисні моделі), в Україні є Державний департамент інтелектуальної власності. Документи на видачу патенту подаються в Український інститут промислової власності (Укрпатент), що є структурним підрозділом Департаменту. Документи подають в такому складі [86]: заява на видачу патенту на винахід (корисну модель); опис винаходу (корисної моделі); формула винаходу (корисної моделі); реферат; кресленик (за необхідності); сплачений державний збір за подання заявки у встановленому розмірі. Документи може подати як фізична, так і юридична особа (резидент і нерезидент), як самотійно (тільки резиденти), так і через довірену особу.

При подачі документів заявником винаходу (корисної моделі) може бути його (її) автор, роботодавець автора або їхній правонаступник. тоді до матеріалів заявки додається довіреність, видана заявником на ведення діловодства. Якщо матеріали заявки відповідають усім установленим правилам, заявникові направляється повідомлення про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель).

При проведенні формальної експертизи здійснюють перевірку на правильність оформлення матеріалів заявки та їх відповідність вимогам Закону України «Про охорону прав на винаходи й корисні моделі», якщо виявлено невідповідність матеріалів заявки якій-небудь із установлених вимог, то заявникові направляється повідомлення з зазначенням порушеної вимоги. Він має право протягом двох місяців виправити помилку або внести уточнення в матеріали заявки. Якщо експерт вважає, що матеріали заявки відповідають усім установленим вимогам, заявник одержує рішення про завершення формальної експертизи й можливості проведення кваліфікаційної експертизи або рішення про видачу патенту на корисну модель.

За заявкою на винаходи проводиться кваліфікаційна експертиза, де перевіряється відповідність заявленого винаходу критеріям потентоспроможності, встановлених Законом України. Вона проводиться тільки після одержання Укрпатентом відповідної заяви й оплати збору за її проведення. Якщо виявлена невідповідність винаходу якому-небудь із установлених критеріїв, заявникові направляється обґрунтований попередній висновок із зазначенням порушеного критерію. Як і при формальній експертизі, протя-

гом двох місяців заявник має можливість надати аргументовану відповідь і усунути зазначені недоліки. В тому випадку, коли винахід відповідає всім установленим критеріям патентоспроможності, заявникові направляється рішення про видачу патенту на винахід.

Якщо заявник одержав позитивне рішення за заявкою та оплатив державне мито за видачу патенту й державний збір за публікацію у встановленому розмірі, відомості про видачу патенту на винахід (корисну модель) публікуються в офіційному бюлетені «Промислова власність» і одночасно заносяться у відповідний Державний реєстр. Заявник винаходу (корисної моделі) одержує патент і статус власника виключних прав на винахід (корисну модель).

### **6.3 Договори про передачу прав і ліцензійні договори**

Існують два основних способи використання винаходу (корисної моделі) – це укладання договорів про передачу права або ліцензійних договорів. В першому випадку власник винаходу (корисної моделі) передає зацікавленій особі за певну винагороду всі виключні права на винахід (корисну модель), що випливають із патенту. Власник втрачає право власності, що переходить до правонаступника.

В другому випадку власник патенту за певну оплату надає право використовувати винахід (корисну модель) на певних умовах, але перший власник при цьому залишається власником патенту, тобто ліцензійний договір умовно можна порівняти з договором оренди [85–87].

Після закінчення процедури реєстрації договору в Держреєстр вносяться відомості про договір, які відразу публікують в офіційному бюлетені «Промислова власність».

### **6.4 Захист прав на винахід**

Існують два основних способи захисту прав на винахід – це неюрисдикційний та юрисдикційний. Перший спосіб передбачає дії юридичних і фізичних осіб щодо захисту своїх виключних прав на винахід (корисну модель), які здійснюються ними самостійно, тільки законними способами захисту, без звернення в державні або інші компетентні органи.

Юрисдикційний спосіб «передбачає діяльність уповноважених державою органів щодо захисту порушених прав або прав, що оскаржуються. При цій формі захисту особа, права якої порушені неправомірними діями, може звернутися за захистом своїх прав у спеціально уповноважені державні органи – суд, Антимонопольний комітет та ін.». [87]

## 6.5 Формула винаходу

Для визначення обсягу правової охорони, яка надається патентом (деклараційним патентом) використовується формула винаходу.

Формула винаходу (корисної моделі) – це складена за встановленими правилами стисла словесна характеристика, яка пояснює сутність винаходу (корисної моделі). Структурно формула винаходу (корисної моделі) може складатись з одного речення, тобто бути одноланковою, або з декількох речень – багатоланковою і складається з трьох частин: обмежувальна частина, мета винаходу, відмінна частина. Перша обмежувальна частина починається з назви винаходу (корисної моделі), далі перераховуються суттєві ознаки, що є загальними для прототипу та запропонованого винаходу (корисної моделі). Мета винаходу (корисної моделі) вказує на корисний ефект, який можна отримати, використовуючи винахід (корисну модель). Між метою винаходу та сукупністю використовуваних ознак має існувати причинний зв'язок. У відмінну частину вносять суттєві ознаки технічного рішення, які відрізняються від відомих рішень, запропонованих в прототипі, назва якого вказується. Ознаки винаходу (корисної моделі), які вважаються відмінними (наприклад, електрообладнання), можуть бути: різні конструкції вузлів та деталей, різні здійснювані операції, різні прийоми; розміщення деталей і їх взаємозв'язки; режими виконання операцій; матеріали деталей і їх форми [85, 86].

Характеристика ознаки у формулі винаходу (корисної моделі) не може бути замінена посиланням на опис чи кресленик, ознаку винаходу (корисної моделі) доцільно характеризувати загальним поняттям, яке охоплює різні форми його реалізації, якщо саме ці характеристики, які містяться в загальному понятті, забезпечують, у сукупності з іншими ознаками, досягнення зазначеного заявником технічного результату. В протилежному випадку ознака винаходу (корисної моделі) може бути виражена як альтернатива за умови, що така ознака при будь-якому, зазначеному в альтернативі, виборі у сукупності з іншими ознаками забезпечує досягнення одного і того самого технічного результату.

Реферат є скороченим викладенням змісту опису та пунктів формули винаходу. Його складають так, щоб можна було зрозуміти проблему, суть її вирішення за допомогою винаходу і як його можна використати.

Відомі три системи будови патентної формули: європейська, американська, англійська. Формула патенту (корисної моделі), за європейською системою, складається з двох частин – обмежувальної та відмінної, розділених між собою словосполученням «відрізняється тим», що в обмежувальній частині наводяться суттєві ознаки винаходу (корисної моделі), що збігаються з ознаками прототипу, у відмінній – суттєві ознаки, що відрізняють винахід від прототипу.

В американській системі у пунктах формули винаходу не виділяють ознаки, що відрізняють винахід від прототипу, тобто ця формула не виді-

ляє новизни, ознаки винаходу перераховуються у визначеній логічній послідовності. Така формула знижує обсяг інформації, але скласти таку формулу значно простіше, оскільки не потрібно виділяти відмінні ознаки винаходу, а можна лише перерахувати всі ознаки, що характеризують винахід. В американській формулі винаходу немає поділу пунктів на залежні та незалежні, формула на один винахід може мати декілька пунктів, що різняться між собою обсягом охорони.

*Англійська система* є поєднанням європейської та американської. Структура будови формули подібна до європейської, де перший пункт патентної формули, що характеризує один винахід, є незалежним, а решта – залежить від нього, але кожний пункт формули складається за американською системою.

### **Контрольні питання**

1. Що таке винахід, секретний винахід, патент, корисна модель і строки їх дії.
2. Умови патентоспроможності винаходу (корисної моделі): новизна, винахідницький рівень, промислова придатність.
3. Права винахідника на використання винаходу.
4. Що можна вважати об'єктом винаходу?
5. Перелік та зміст документів, які подають для отримання патенту (корисної моделі).
6. Хто може бути заявником винаходу (корисної моделі)?
7. Формальна та кваліфікаційна експертизи. Як і коли їх проводять?
8. Договори про передачу прав і захист прав на винахід.
9. Як складають формулу винаходу?



## РОЗДІЛ 7 МЕТОДОЛОГІЯ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

### 7.1 Загальні положення

Вперше поняття ситуаційне управління в науковий обіг було введено американським вченим Р. Моклером. Значним результатом його розробок в сфері ситуаційного менеджменту (СМ) є підсумкові результати про те, що форми, методи, системи, стилі керування мають зазнавати значних змін через різні умови діяльності підприємства.

Він вважав, що основна мета ситуаційного управління (СУ) – «зрозуміти, як організація реагує на мінливі умови і специфічні обставини і як потрібно формувати типи організацій, системи і процеси керування, що найбільше відповідають цим специфічним ситуаціям» [86].

У рамках підходу, відомого як ситуаційне управління, відкриваються можливості повного відображення реального світу в моделі проблемного середовища, широкого впровадження смислових зв'язків між поняттями та обліку прагматики середовища. Цей підхід використовує спеціальну мовну модель для опису моделювання як процесу трансформації використання апаратних формальних граматик. Основою цього підходу є автоматичний аналіз вирішальної системи ефективного набору рішень задач необхідного класу. На основі формалізованого апарату узагальнення система формує модель проблемного середовища у вигляді набору описів класів ситуацій та відповідних їм рішень. Фактично процес розв'язання задач зводиться до реалізації поточної конкретної ситуації до одного з раніше сформованих класів і застосування до її вирішення, що відповідає даному класу.

Ситуаційне управління – це оперативне управління, яке передбачає доповнення до стратегічного, дострокового. Воно складається з управлінських рішень, які виникають у зв'язку з поточною економічною ситуацією. Ситуаційне управління – це метод вирішення складних завдань дослідження операцій, що належать до класу завдань упорядкування. Справа в тому, що детальний опис багатьох ситуацій, які виникають у процесі функціонування реального об'єкта, за певними правилами замінюється розширеними описами узагальнених ситуацій, які, ймовірно, визначають одне з можливих рішень. Така заміна дозволяє значно скоротитись кількість рішень на комп'ютері, тим самим прискорити пошук оптимального рішення.

Як показують результати досліджень [86, 87], багато аспектів СМ не розроблені, практично не існує методів і прикладів СУ, класифікації ситуацій. Відомі роботи авторів зводяться до практичного розгляду попередньо підготованих складених виробничих ситуацій чи, як їх зараз називають, – «Casestudy». Тому стоїть задача на основі існуючих матеріалів з СМ формування загального уявлення про складну і важливу частину загальної системи менеджменту.

## 7.2 Нетрадиційні об'єкти управління

Ці об'єкти мають різні назви: погано визначенні, слабо структуровані, організаційні чи такі, що мають «свободу волі», їх так називають тому, що вони мають низку несподіваних для традиційного управління властивостей, що відрізняють їх від звичайних об'єктів минулого. Розглянемо їх властивості. [86]

1. *Унікальність*. Кожен об'єкт має таку структуру і функціонує так, що система управління ним має будуватись з урахуванням усіх його якостей і до нього не можна застосовувати будь-яку типову стандартну процедуру управління. Потрібно завжди звертати увагу на всі індивідуальні особливості нового об'єкта управління. Ця обставина приводить до різкого здорожчання процедур побудови системи управління, бо практично потрібно створювати стільки систем управління, стільки об'єктів потрібно автоматизувати.

2. *Відсутність мети існування*, що формалізується. Зазвичай, управлінці мали справу з об'єктами штучного походження, створених людьми для досягнення зрозумілих їм цілей. Але не для всіх об'єктів, навіть для тих, які були створені людиною, можна чітко сформулювати мету їх існування. Зараз, коли ми хочемо керувати містами, галузями господарства, регіонами, системою, ми потрапляємо у дуже складне становище, намагаючись чітко сформулювати мету існування цих об'єктів. Навіть створені людьми, вони виникли не з чийогось плану для вирішення якогось конкретного завдання, а розвивалися поступово через певні соціально-економічні та історичні причини, а це приводить до дуже великих складнощів у формуванні критерію управління. Останній дуже тісно пов'язаний з метою існування об'єкта. Критерій управління був заснований на досягненні ним своєї мети існування. Саме тому в різних автоматизованих системах управління, створюваних для об'єктів нового класу, часто можна спостерігати реалізацію різних критеріїв управління.

3. *Відсутність оптимальності*. Через відсутність мети існування (в рамках теорії управління) для об'єктів, що розглядаються, не можна побудувати об'єктивний критерій управління, він стає суб'єктивним. Не можна, наприклад, вимагати від проектувальників створити оптимальну АСУ технологічного процесу електричної станції.

Така постановка задачі некоректна та неправомірна. Якість створеної системи управління об'єктами нової природи може оцінюватись лише суб'єктивно незалежними експертами або колективом станції. Тому тут доречніше говорити про доцільність результату управління, а не його оптимальності.

4. *Динамічність*. Об'єкти, з якими стикається теорія управління, подібні до живих систем. З часом змінюється їх структура та функціонування, і ця динамічність має бути врахована у системі управління подібними

об'єктами. Вони мають бути адаптивними, готовими до зміни свого функціонування.

5. *Неповнота опису.* Ніякий колектив експертів, які знають об'єкт управління, не в змозі відразу забезпечити інформацію, якої вистачило б для створення системи управління об'єктом. Існує кілька причин, чому це відбувається. Описуючи об'єкт управління дослідник завжди знав про те, які припущення він прийняв, будуючи опис. І якщо створена ним система управління виявляється не дуже ефективною, то він знає від яких раніше прийнятих обмежень можна відмовитись. Але при роботі з об'єктами нової природи ці обмеження не можна так чітко визначити. Дослідник може звернутись до експертів, які знають об'єкт управління, але й експерти не спроможні оцінити той рівень повноти опису, який необхідний досліднику.

Інша важлива причина неповноти опису об'єкта – незнання деяких сторін функціонування об'єкта технологом. Деякі ситуації, які ніколи не зустрічалися раніше, природно, не можна повідомити і проєктувальникам системи управління. Найчастіше це аварійні ситуації.

Третя причина неповноти опису – відсутність у самого технолога чіткого розуміння функціонування об'єкта управління. Видаючи управлінцю велику кількість інформації, технолог не повідомляє йому найголовнішої, за якою сам приймає рішення про функціонування об'єкта. Робить це він несвідомо, бо «найголовніша інформація» може враховуватись технологом лише на рівні власної інтуїції. Ще одна причина, що веде до неповноти опису складного об'єкта, полягає в тому, що багато особливостей функціонування об'єкта описані кількісно, а вони допускають тільки якісний, словесний. Перехід від якісних описів до деяких формальних уявлень має проводитись управлінцем, який завжди може вирішити таку складну проблему.

6. *Наявність свободи волі.* У багатьох об'єктах управління люди є елементами їх структури, це так звані організаційні системи. На відміну від інших елементів, що утворюють об'єкти, люди функціонують з урахування своїх особистих інтересів і цілей. Їхні інтереси та цілі можуть значно відрізнятись від того, що вони мають робити, їх індивідуальну поведінку практично не можна врахувати під час створення системи управління, і тому потрібні спеціальні прийоми для нейтралізації впливу на функціонування об'єкта управління.

### **7.3 Семіотичні моделі**

Семіотичні моделі є моделями верхнього рівня абстракції ситуаційних моделей. Ситуаційні моделі є моделями верхнього рівня відносно технологічних моделей. Аналіз лише на рівні семіотичних моделей істотно скорочує аналіз ситуацій і логіку управлінських рішень. Семіотичне управління (Сем. У) є ключовим у реалізації системи управління складними ситуаціями, його застосування дозволить підвищити оперативність та

якість управління. Одним із основних положень ситуаційного управління є постулат про кінцівку числа різних дискретних однокрокових управлінь. У ситуаційному управлінні з кожним можливим управлінням пов'язують якусь «узагальнену» ситуацію, вона є параметричною моделлю і може розглядатись як спрощений аналог «інформаційної» ситуації. Обов'язковою вимогою у ситуаційному управлінні є наявність спеціальної мови для опису цих узагальнених ситуацій. При цьому звертають увагу на його можливість непридатність для опису реальної ситуації. Це призводить до завдання перетворення реальної ситуації на узагальнену ситуацію таким чином, щоб результат перетворення можна було порівняти з деякою узагальненою ситуацією. Серед методів узагальнення розрізняють узагальнення за ознаками та за структурою ситуацій. Серед методів узагальнення за ознаками виділяють методи поділу у просторі ознак, зокрема метод гіперплощин. Семіотичне управління пов'язане з ситуаційним, оскільки використовує його принципи, але доповнює своїми. У ситуаційному управлінні (СУ) використовують причинно-наслідкові правила.

*Перший принцип СУ* полягає у побудові моделі інформаційної ситуації, у якій перебуває об'єкт управління. Модель інформаційної ситуації відображає реальну ситуацію.

*Другий принцип СУ* полягає у побудові моделі інформаційної позиції об'єкта управління для певної, раніше визначеної, ситуації.

*Третій принцип СУ* полягає в побудові керувального впливу на об'єкт управління, виходячи з мети управління та інформаційної позиції об'єкта управління. Цей вплив виробляється з урахуванням причинно-наслідкових правил.

*Четвертий принцип СУ* полягає у контролі зміни позиції об'єкта управління та адекватності причинно-наслідкових правил.

*П'ятий принцип СУ* полягає у зміні чи доповненні сукупності причинно-наслідкових правил.

Всі ці принципи використовують семіотичне управління та технологічне семіотичне управління. Однак додатково семіотичне управління та єдине мовне середовище в Сем. У та технологічному Сем. У задається по-різному. Спільність СУ та Сем. У. Як і в СУ, застосування Сем. У засноване на використанні множини правил, що описують закони поведінки об'єкта управління, та множини правил, що ставлять у відповідність позиції та ситуації об'єкта правило прийняття рішення. В СУ, як і в Сем. У під завданням управління розуміють завдання вибору правил із відомої сукупності для застосування у конкретній ситуації та позиції. В кожному з них допустима модифікація Сем. У, яка полягає у зміні множини правил на основі аналізу результату управління

Основними складовими концепції СМ є такі компоненти: стан зовнішнього та внутрішнього середовищ; якісно-кількісний склад персоналу, взаємини, клімат у колективі, стилі керування, культура; якість функцій керування і їхньої реалізації, ресурси та їх погодженість; ситуаційний під-

хід до розробки управлінського рішення, що орієнтований на вивчення впливу кожної конкретної ситуації на систему виробництва.

Ймовірність появи стандартних однакових ситуацій вкрай мала. Фактичний хід виробництва роботи може значно відрізняється від запланованого в ситуаціях, коли існуюча в організації технологія прийняття і реалізація рішення забезпечує створення ситуаційної підсистеми керування; важлива роль особистості, індивідуальності, стиль керівництва соціотехнічної системи; людський фактор; аналіз ситуацій, коли вивчають параметри керованого об'єкта, зовнішні умови і конкретні обставини його функціонування при розробці і реалізації рішення [86–88].

Збереження ефективності роботи підприємства, при зміні ситуації, забезпечується зміною організаційної структури. Виникаючий ситуаційний підхід при цьому намагається пов'язати конкретні прийоми і концепції з певними конкретними ситуаціями з метою досягти цілей організації більш ефективно. Для досягнення цього він концентрується на ситуаційних розходженнях між організаціями та всередині самих організацій шляхом визначення, які важливі зміни ситуації і як вони впливають на ефективність організації.

Можна так пояснити процес формування ситуаційного підходу (СП): формування СП підходу має здійснювати керівник, який знайомий зі засобами професійного керування, що довели свою ефективність; керівник має добре знати характеристики управлінських концепцій і методик, які застосовуються до конкретної ситуації та вміти передбачати імовірні наслідки (як позитивні, так і негативні) від їх застосування; вміти правильно інтерпретувати ситуацію, важливо правильно визначити, які фактори є найбільш важливими в даній ситуації, а також який імовірний ефект може викликати зміну однієї чи декількох змінних; уміти забезпечувати досягнення більшості цілей організації найефективнішим шляхом в умовах існуючих обставин.

Оптимальна теорія СУ передбачає рекомендації щодо того, як потрібно управляти в конкретних ситуаціях: управління має передбачати виконання аналізу ситуації з точки зору того, які вимоги до організації висуває ситуація і що для неї характерно; потрібно вибрати відповідний ситуаційний підхід до здійснення управління, щоб найкраще відповідав вимогам, висунутим до організації з боку ситуації; ситуаційне управління має забезпечити високий потенціал в організації і необхідну гнучкість, достатню для того, щоб можна було перейти до нового управлінського стилю, який відповідає ситуації; ситуаційне управління має забезпечити відповідні зміни, які дозволяють підлаштуватися до ситуації [86, 87, 88].

#### **7.4 Дані і знання**

Поняття «знання» зазвичай пов'язують із процесом прийняття рішень, а також вивчення навколишнього світу та навчання. Для ухвалення

рішення характерне розуміння мети, коли виникає ціль, коли усвідомлюється поточний стан (\*ситуація становища) і формується образ іншого стану (власне мети), чого потрібно досягти. Для переходу з поточного стану до іншого (цільового) потрібні знання та дані. Знання – це досвід, інструмент, дані – це врахування деталей та фактів, це допоміжні елементи.

Поняття «дані» – відносно новий термін, що у загальному випадку характеризує деякий набір символів, який можна зберігати, передавати, перетворювати. Зазвичай дані є вхідною інформацією для будь-якого інформаційного процесу системи.

Складність визначення термінів «інформація», «дані», «знаштя» полягає ще й у загальноживаності цих термінів і в їх синонімічності. У різних довідниках означення цих термінів часто відрізняються один від одного. Іншим фактором складності та термінологічної плутанини є ефект, що пари термінів: «знання–інформація» та «інформація–дані» отримали сильну взаємну трансформацію, так що межа між ними навіть для більшості відповідних фахівців стала дуже умовною.

*Інформація* – це повідомлення про що-небудь; відомості, що є об'єктом зберігання, переробки та передачі.

*Дані* – це відомості, потрібні будь-якому висновку, рішенню, процедурі; підставі для чого-небудь.

*Знання* – це розуміння дійсності, свідомість, наука; сукупність відомостей, у будь-якій сфері.

## 7.5 Базові семіотичні моделі

Відомо, що знак є основним фізичним засобом значення в мові. При спілкуванні між собою ми використовуємо знаки, щоб передавати значення про об'єкти з обсягу знань нашого досвіду іншим людям, які пояснюють наші знаки завдяки знанню мови або знакової системи, якою ми скористалися.

Процес сигніфікації [ 86] «передбачає два елементи знака, фізичний елемент (слово, образ, звук), який називають означником, а ментальне поняття, яке викликає фізичний знак будь-якого мовного коду, означеником. Зазначимо, що зв'язок між означником і означеником (значення і поняття, яке воно передає) визначають правила культури та його має вивчати окрема «інтерпретативна спільнота». Важливою є «знакова система» або «референційна система», яка керує усім процесом сигніфікації і пов'язує його в одне ціле. Якщо розглядати окремі знаки, то вони можуть отримувати своє значення через систематичні відмінності, контрасти і вибори. Вони регулюються лінгвістичним кодом знакової системи, а також через цінності, якими керують правила культури і знакової системи. Відомо, що семіологія вивчає природу знакових систем, знак поєднує в одній одиниці елементи змісту і форми, тому, передаючи форму, одночасно можна передати і зміст». На думку Ф. де Соссюра «можна виділити дві основні риси знака:

зв'язок між формою і змістом має умовний характер; форма знака будується лінійно, тобто звуки, слова вимовляються послідовно, а не одночасно». Американський дослідник Чарльз Пірс вважав, що «знак – це заміник об'єкта, але не тільки в одному аспекті, а за всіма параметрами і запропонував розглядати знакові відношення у вигляді трикутника з вершинами: «знак», «об'єкт» та «інтерпретант».

У вивченні процесів комунікації актуальною є модель Р. Барта, яка отримала назву міфологічної. Він вважає, «що система комунікації «форма–зміст», починає функціонувати як форма для нового міфологічного змісту, тобто вбачає у міфів дві семіологічні системи: перша – це мова, яку автор називає мовою-об'єктом; друга, це безпосередньо, сам міф як метафора».

Науковець У. Еко, вважає, що «іконічний (візуальний) знак (знак-копія) не повністю передає всі характерні риси предмета. Візуальному знаку мають бути властиві такі типи характеристик, як: оптичні (видимі), онтологічні (уявні) та умовні. В комунікації використовують не окремі знаки, а їх поєднання, це об'єднання знаків в систему ґрунтується на декількох критеріях: спільності функцій, схожості форм та подібності структур. Саме знакова система складається з набору елементарних знаків, відносин між ними та правил їх комбінування й функціонування, а знаки-копії об'єднуються за принципом схожості, подібності предмета і його позначення» [89].

У. Еко [89] розглядав й архітектурну комунікацію, де «знаки мають функціональне значення; дослідження показали, що особливістю цієї моделі є те, що в ній присутні лексикоди (вторинні коди), які несуть додаткове інформаційне навантаження».

Реклама, пропаганда, публік релейшен, на думку У. Еко, «функціонують в рамках патерналістської педагогіки, яка не передбачає активності суб'єкта й нав'язує йому вже готові програми, які відповідають його бажанням» [89].

## **7.6 Мова для опису об'єкта ситуації**

Мова опису ситуацій має дозволяти відбивати у ньому як кількісні факти і співвідношення, що характеризують об'єкт управління, так і якісні знання, які можуть бути формалізовані у звичайному математичному сенсі. Адже більшість відомостей, які керівник отримуватиме від технолога, матиме приблизно такий вигляд: у більшості випадків, я думаю, що треба робити X, якщо має місце Y, мені здається, що в ситуації X добре було б зробити Z, але коли X зростає, то, як правило, Y убуває, але не дуже сильно. Виникає потреба навчитися відобразити ці якісні висловлення мовою опису ситуацій. Важливо враховувати, що висловлювання людини про засоби управління неповні. Потрібні спеціальні прийоми для отримання всієї інформації, яка потрібна для прийняття рішень з управління.

У процесі функціонування системи управління можуть коригуватися мови опису ситуацій, змінюватися знання про об'єкт та методи управління ним. Це означає, що всі елементи, які потрібно визначити, можуть змінюватися в процесі управління об'єктом.

Застосування фреймових мов для завдання управління привело до необхідності ввести топологію основних фреймів-прототипів. В одній з них передбачається ввести чотири типи фреймів; фрейм технологій, фрейм конфліктності, фрейм продукції та фрейм показника. Перший фрейм використовується при описі знань та даних, пов'язаних з перебігом процесів в об'єкті управління та технологічними моделями, що застосовуються при керуванні процесом у нормальних режимах. Другий тип фреймів служить для класифікації конфліктних ситуацій, способів їх виявлення, виявлення причин, що викликали їх, та опис способів усунення конфліктних ситуацій. Фрейми, що належать до третього типу, описують причинно-наслідкові зв'язки, що лежать в основі процесу отримання деякого кінцевого продукту або результату (ситуації), що є безпосередньою метою управління. Нарешті, фрейми четвертого типу задають структуру тих показників, якими оцінюється процес, що відбувається в об'єкті управління, і результат дії на нього з боку системи управління. Цей вид узагальнення для ситуаційного управління найбільш важливий, оскільки для опису ситуацій використовується мова відносин, саме в структурі останніх найчастіше і криється те, що поєднує в один клас опису ситуацій, в яких для об'єкта управління приймається одне й те саме рішення.

При роботі з окремими структурними описами у вигляді семантичних графів або формул мови ситуаційного управління часто виникає завдання виконання теоретико-множинних операцій над цими описами. Ці операції виконуються звичайним чином і жодних труднощів не викликають. Обстеження об'єкта та методів управління ним здійснюють з метою створення словників понять та відносин, характерних для даного випадку створення мови опису ситуацій, що складається в системі об'єкт – система управління.

Система управління, що базується на формальній моделі, апріорно має мати всю інформацію, що залишається для неї незмінною протягом усього періоду управління. Усі твердження, виведені у ній будь-якої миті часу, залишаються викладеними назавжди.

Однією з важких проблем, які доводиться вирішувати при створенні систем ситуаційного управління, є проблема перетворення словесних описів у внутрішні уявлення. Ця проблема тісно пов'язана з завданням побудови діалогових систем, що використовують природну мову. Однак для її вирішення недостатньо скористатися готовими лінгвістичними процесорами, що забезпечують діалог, потрібно ще отримувати специфічну інформацію, пов'язану з функціонуванням аналізатора. Ці завдання можуть бути трьох типів: поповнення системи новою інформацією про об'єкт управління або способи управління; формування відповіді деяких запитів на основі



інформації, що вже зберігається в системі; пошук рішення в ситуації, опис якої вже надійшов в систему. Перші два завдання – допоміжні, третє – основне. Але поділ їх на три класи потрібно проводити при перетворенні вхідного сигналу у внутрішнє уявлення. Саме на цьому етапі система має визначити, що від неї вимагається, тому аналізатор може розглядатись як складова частина лінгвістичного процесора [86–89].

У традиційній теорії розпізнавання образів та у кластерному аналізі центральну роль відіграє поняття ознаки. Саме ознаки виступають як параметри, на підставі яких відбувається виділення узагальнених понять і будується інша класифікація. У мовах опису ситуацій, типових для всіх методів управління, що спираються на семіотичні моделі, велику роль відіграють ознаки і структури відносин між об'єктами. У багатьох випадках комплекси відносин можна було б розглядати як своєрідні ознаки, але цьому заважають дві обставини. Насамперед, відзначимо різке зростання кількості ознак, оскільки кількість можливих комплексів відносин різко зростає зі зростанням числа відносин та збільшення їх типової різноманітності, а більшість їх комбінацій не має жодного значення для вирішення задачі узагальнення. Крім цього, ознаки приписуються певним об'єктам, а використання комплексів відносин як ознак призведе до необхідності запровадження величезної кількості зайвих об'єктів. Поняття, пов'язані з цими об'єктами, також будуть зайвими, бо поняття, яке ми можемо розгорнути у судження, не має для нас логічного сенсу; і нарешті, часто практично неможливо вилучити ті ознаки, що їх використовують для формування поняття.

Ще однією особливістю імітаційних процесів у системах прийняття рішень при управлінні, в основі яких лежать логіко-лінгвістичні моделі, є те, що інтерес викликають не тільки статистичні дані, що накопичуються в процесі моделювання (наприклад, середній час очікування, або довжина черги об'єктів, що чекають обслуговування), але й динаміка конкретної ситуації, причому змінюється не тільки якість числових параметрів а й структурні описи. Все це приводить до необхідності при побудові екстраполятора для систем ситуаційного управління використовувати властивості, що є не тільки в традиційних мовах для імітаційного моделювання, а й у мовах, властивих описам і трансформації описів ситуацій.

Запропоновано методику IDEF 5, яка дозволяє подати онтологічну інформацію програми у зручному для користувача вигляді. Для цього використовуються символічні позначення (дескриптори) об'єктів, їх асоціації, ситуації та схемна мова опису відносин класифікації. Методика має правила з'єднання об'єктів (термів) у правильні пропозиції та аксіоми інтерпретації термів.

Опис ситуації, що виникає в об'єкті управління (поточна ситуація), має виконуватись такою мовою, в якій має бути відображено всі основні параметри та зв'язки, потрібні для класифікації цього опису та забезпечення однокрокового рішення в управлінні. Важливо правильно вибрати рі-

вень опису. Зміна синтаксичних правил може свідчити про те, що мова опису ситуацій в об'єкті управління, повні знання про нього і процедура управління виявились недосконалими.

Отже, ситуаційне управління призначене для управління складними системами і базується на комплексі методів, розроблених в системах штучного інтелекту. Суть ситуаційного підходу полягає в тому, що форми, методи, системи, стилі управління мають істотно відрізнитись, залежно від ситуації, тобто ситуація має бути центральною, тобто придатність різних методів управління визначається ситуацією.

Логіка розвитку науки жорстка і невіддільна нічийй волі. Ситуаційне управління виступило каталізатором, втілюючи в життя нові ідеї та принципи побудови моделей реальності та людської діяльності, які так широко розробляються в безмежному потоці досліджень.

Хочеться вірити, що в теорії семіотичних моделей, яка народжується на наших очах, результати, отримані в сферах ситуаційного управління, займуть належне місце.

### **Контрольні питання**

1. Загальні положення ситуаційного управління.
2. Властивості нетрадиційних об'єктів управління.
3. Ситуаційні та семіотичні моделі в прийнятті управлінських рішень.
4. Базові елементи концепції ситуаційного менеджменту.
5. Дані та знання.
6. Базові семіотичні моделі.
7. Мови для опису ситуацій ситуаційного управління.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артемчук Г. І., Куридо В. М., Кочерга М. П. Науково-дослідна робота : навч. посіб. для студ. та виклад. ВНЗ. К. : Форум, 2000. 272 с.
2. Белих С. І. Науково-дослідна робота. Донецьк, 2008, 130 с.
3. Деделюк Н. А. Наукові методи дослідження : навч. посіб. для студ. Луцьк : Волин, нац. ун-т ім. Л. Українки 2010. 184 с.
4. Демчук С. П. Основи самостійної науково-дослідної роботи : навч.- метод. посіб. для студ. спеціальності «Фізична культура». Рівне : СОМ-ЦЕНТР, 2008. 70 с.
5. Ковальчук В. В., Моїсеєв Л. М. Основи наукових досліджень : навч. посіб. К. : В. П. Професіонал, 2004. 208 с.
6. Комп'ютерна техніка та методи математичної статистики ; за заг. ред. Кашуби В. О. К., 2015. 213 с.
7. Основи науково-дослідної роботи магістрантів та аспірантів у вищих навчальних закладах : навч. посіб. / Костюкевич В. М., Воронова В. І., Шинкарук О. А., Борисова О. В. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016, 554 с.
8. Білуха М. Г. Основи наукових досліджень : підручник для студ. екон. спец. вузів. К. : Вища школа, 1997. 271 с.
9. Крушельницька О. В. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посібник. К. : Кондор, 2003. 192 с.
10. Пятницька-Позднякова І. С. Основи наукових досліджень у вищій школі : навчальний посібник. К., 2003, 116 с.
11. Артюх С. Основи наукових досліджень : підручник. Х. : Українська інженерно-педагогічна академія, 2006. 277 с.
12. Білоусова Т. Основи наукових досліджень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський держ. ун-т., 2004, 120 с.
13. [Електронний ресурс].-Режим доступу:[https://pidpruchniki.com/120090613/filosofiya/empirichnyy teoretichnyy rivni piznannya](https://pidpruchniki.com/120090613/filosofiya/empirichnyy%20teoretichnyy%20rivni%20piznannya)
14. [Електронний ресурс] – Режим доступу : [https://studopedia.com.ua/163775 empirichni-metodi-naukovogo-piznannya .html](https://studopedia.com.ua/163775%20empirichni-metodi-naukovogo-piznannya.html)
15. [Електронний ресурс]. Режим доступу : [https://studohtdia.com.ua/1127684 metodi –empirichnogj-y –teoretichnogo rivnea doslidzhen.html](https://studohtdia.com.ua/1127684%20metodi%20empirichnogj-y%20teoretichnogo%20rivnea%20doslidzhen.html)
16. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю : навч. пос. / Володарський Є. Т., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О., Сердюк Г. Б. Вінниця : ВДТУ, 2002, 219 с.
17. Метрологія та вимірювання. / Кухарчук В. В., Кучерук В. Ю., Долгополов В. П. Грумінська Л. В. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. 252 с
18. Кухарчук В. В. Основи метрології та електричних вимірювань. : конспект лекцій. Частина І. Вінниця : ВНТУ, 2020. 148 с

19. Норми випробувань електрообладнання: СОУ-Н ЕЕ 20.302: 2007.- Видання офіційне. К : ГРІФРЕ, 2007. 262 с. (Нормативний документ мін-паливенерго України).
20. Головка Д. Б., Рего К. Г., Скрипник Ю. О. Основи метрології та вимірювань. Київ. : Либідь, 2001. 408 с.
21. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості. / Ладанюк А. П., Трегуб В. Г., Ельперін І. В., Цюцюра В. Д. К. : «Аграрна освіта», 2001. 186 с.
22. Левченко О. І., Цюцюра В. Д. Технологічні вимірювання та прилади у харчовій промисловості. К. : УДУХТ, 1998. 230 с.
23. Основи метрології та вимірювальної техніки: у 2 т. за ред. Б. Стадника. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2005. Т. 1: Основи метрології, 2005. 530 с.
24. Важинський С. Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень : навч. посіб. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.
25. Грищенко І. Основи наукових досліджень : навч. посіб. К. : КНТЕУ, 2001, 185 с.
26. Ковальчук В., Моїсеєв Л. Основи наукових досліджень : навч. посіб. ; за наук. ред. В. О. Дроздова. Вид. 3-є, перероб. і доп. Київ : ВД «Професіонал», 2005. 238 с.
27. Чумаченко І. В., Кошевий М. Д., Лопатін В. В. Мікроконтролерні прилади: структура і використання ; навч. посібник. Харків : Нац. Аерокоосмічний університет «ХАШ», 2001, 227 с.
28. Основи метрології та вимірювальної техніки : навчальний посібник / Поджаренко В. О., Кулаков П. І., Ігнатенко О. Г., Войтович О. П. Вінниця : ВНТУ, 2006. 151 с.
29. Метрологічне забезпечення контролю якості продукції : монографія. / Ігнаткін В. У., Туз Ю. М., Летківський К. М., Томашевський О. В. ; за ред.. В. У. Ігнаткіна. Запоріжжя : Запоріжський національний технічний університет. 2017, 202 с.
30. [Електронний ресурс] Режим доступу : <http://teev.vntu.edu.ua/sciencework.html>
31. [Електронний ресурс] Режим доступу : <https://osvita.ua.ua/unz/reports/management/14372/>.
32. [Електронний ресурс] Режим доступу : <https://studfiles.net/hreview/5775185/page:6/>
33. [Електронний ресурс] Режим доступу : <http://tourlib.net/boorsukr/nehauk102.htm>
34. [Електронний ресурс] Режим доступу : <https://studfiles.net/preview/7429320/page:8/>
35. [Електронний ресурс] Режим доступу : <https://www.kosmach.in/ua/distsipliny/eksperimentalni-metjdi-doslidzhen/>

36. Контроль і ревізія : навч. посіб. / Р. Л. Хомяк та ін. Вид. 2-ге виправл. та доповн. Львів : Магнолія 2006, 2013. 315 с.
37. Володарський Є. Т. Формування еквівалента параметра в системах контролю. Київ : Вища школа 1983. 176 с.
38. Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, О. М. Кривоніс, «Метод ідентифікації математичної моделі одного класу лінійних динамічних систем зі змінними параметрами,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2018. № 6, С. 62–75.
39. Дубовой В. М., Никитенко О. Д. Оптимізація підсистем збору даних АСУТП в умовах комбінованої невизначеності : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2011. 169 с.
40. [Електронний ресурс ] Режим доступу : <https://studfile.net/prtview/5532419/page:5/>
41. Моделювання та оптимізація систем [Текст] : підручник / Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В.. Вінниця : ПП «ТД«Едельвейс», 2017. 804 с.
42. Домктовський А. В., Безус П. І. Основи методології наукових досліджень : навч. пос. К. : Акад. муніцип. уп. 2012, 270 с.
43. Важинський С. Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень : навч. пос. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.
44. Кульчицький І. М. Концептуалізація понять «модель» та «моделювання» у наукових дослідженнях. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Сер. Інформаційні системи та мережі*. 2015. № 829. С. 273–284.
45. Техническая диагностика. Термины и определения: ГОСТ 20911-86: Из-во стандартов, 1990. 13 с.
46. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність і діагностика електрообладнання» для студентів за напрямом 6.050702 «Електромеханіка» / Укл.: к.т.н., доцент Ключев О. В. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. 143 с.
47. Петруняк Р. М., Матусевич О. О. Дослідження та вдосконалення системи діагностики тягової підстанції на базі smart технологій. *Електрифікація транспорту*. 2014. № 7. С. 132–137.
48. Азаров О. Д. Діагностування цифрових пристроїв : навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. 74 с.
49. Удод Є І., Р. М. Горбей Р. М., Чернов В. Ф. Діагностування електроустановок 0,4–750 кВ засобами інфрачервоної техніки. Київ, Україна: «КВІЦ», 2007, 370 с.
50. Загальні методи та засоби діагностування, випробувань та вимірювань електрообладнання, виведеного з роботи / Р. М. Горбей та ін. К. : ДПНГУКЦ, 2011. 1008 с.
51. Кутін В. М., Рубаненко О. Є., Мисенко С. В. Вдосконалення методів діагностування високовольтних вимикачів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2012. № 1. С. 112–113.

52. Журахівський А. В., Варецький Ю. О., Бохер З. М. Основи наукових досліджень та технічної творчості. Л. : Приазовський державний технічний університет, 2000. 138 с.
53. Кутін В. М., Рубаненко О. Є., Мисенко С. В. Визначення технічного стану елегазових високовольтних вимикачів в умовах експлуатації. *Вісн. НТУ ХПІ*. 2014. № 60 (1102). С. 57–68.
54. Кутін В. М., Кутіна М. В., Ілюхін М. О. Засоби діагностування релейного захисту та автоматики електроенергетичних систем : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 120 с.
55. Лежнюк П. Д., Бевз С. В. Методи оптимізації в електроенергетиці. Критеріальний метод. Вінниця : ВДТУ, 1999. 177 с.
56. Кутін В. М. Ілюхін М. О., Кутіна М. В. Комбінований принцип діагностування технічного стану систем електропостачання. *Наукові вісті інституту менеджменту та економіки «Галицька академія»*. 2007. № 1. С. 62–66.
57. Кутін В. М. Вибір сукупності діагностичних показників для оцінки працездатності ізоляції відносно землі мережі 6-35 кВ. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. 2006. № 3 (38), Ч. 1. С. 96–100.
58. Кутін В. М. Ілюхін М. О., Кутіна М. В. Вибір діагностичних параметрів на основі топологічної моделі об'єкта. *Вісник Кременчуцького державного технічного університету ім. М. Остроградського*. 2008. № 4 (51), Ч. 2. С. 70–75.
59. Евристика. Філософський енциклопедичний словник. / В. І. Шинкарук (голова редколегії), Л. В. Озадовська, Н. В. Поліщук (наукові редактори); І. О. Пожарська (художнє оформлення). Київ : Абрикос, 2002, 724 с.
60. Кутін В. М. Ілюхін М. О., Кутіна М. В. Діагностика електрообладнання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2014 161 с.
61. Кутін В. М., Ілюхін М. О. Вибір діагностичних параметрів на основі топологічної моделі об'єкта. *Вісник Кременчуцького державного технічного університету ім. М. Остроградського*. 2008. №4 (51), Ч. 2. С. 70–74.
62. Кутін В. М., Матвієнко С. В., Кутіна М. В. Комбінована система керування технічним станом розподільних мереж. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2007. № 1. С. 37–41.
63. Основи методології та організація наукових досліджень : навчальний посібник ; за ред. А. Є. Конверського. К. : 2010, 232 с.
64. Добронравова І. С. Практична філософія науки. Суми : 2017, 305 с.
65. Наукове пізнання: специфіка, форми, методи, логіка та методологія [Електронний ресурс] <https://osvita.ua/vnz/reports/philosophy/13026/>
66. Білоусова Т. Основи наукових досліджень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Кам'янець-Подільський, 2004. 120 с.

67. Білоусова Т. П., Маркітантов Ю. О. Основи наукових досліджень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Кам'янець-Подільський, 2004. 120 с.
68. Основи наукових досліджень : навч. посіб. / І. М. Грищенко та ін. ; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. – К. : КНТЕУ, 2001. – 185 с..
69. Pask G. An Approach to Cybernetics / G. Pask-Hutchenson & Co Publishers, 1961. <https://www.pangaro.com/pask/pask%20approach%20to%20cybernetics.pdf>
70. Bostrom N. Strategic Implications of Openness in AI Development / N. Bostrom Global Policy.-Durham University and John Wiley & Sons Ltd. 2017. <https://nickbostrom.com/papers/openness.pdf>
71. Орнацький П. П. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки. К. : Вища школа, 1983, 143 с.
72. Добронравова І. С., Сидоренко Л. І. Філософія та методологія науки. К., 2008, 315 с.
73. Вернадский В. И. Научная думка як планетарне явище ; за ред. А. Я. Яншина. К., 2009. 285 с.
74. ЗАКОН УКРАЇНИ Про наукову і науково-технічну діяльність. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2016, № 3, ст. 25.
75. Державна програма розвитку туризму в Україні до 2010 року. К., 2002. 30 с.
76. [Електронний ресурс] Режим доступу : <https://works.doklad.ru/view/уHNLPhOxO/4.html>
77. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://posibnyku..ynty/edu.ua/abooks/aleks/book2%D0%9a%D1%83%D1%82%D1%96%D0%20%D0%92%D0%9C.pdf>
78. [Електронний ресурс ], Режим доступу : <https://revolution.Allbest.ru/pedsgogics/005364010.html>.
79. Довідник здобувача наукового ступеня. Збірник нормативних документів та інформаційних матеріалів з питань атестації наукових кадрів вищої кваліфікації.
80. Методичні вказівки до виконання та оформлення бакалаврських дипломних робіт для студентів спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» (освітня програма «Прикладні інформаційні технології») [Електронний ресурс] / Уклад. : В. Б. Мокін, С. О. Жуков, Є. М. Крижановський. Вінниця : ВНТУ, 2021. 53 с..
81. Важинський С. Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень : навч. посіб. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.
82. [Електронний ресурс] Режим доступу : <http://kr-diplom.Kiev.ua/knygarna/mag/htm/>
83. Положення про кваліфікаційні роботи на першому (бакалаврському) рівні вищої школи / Семенов А. О., Громова Л. П., Сердюк О. В., Макарова Т. В. Вінниця, 2021, 68 с.

84. Правила складання і подання заявки на винахід на корисну модель (Затвержено наказом Міністерства освіти і науки України, 22.01.2001. № 22).

85. Мікульонок І. О. Інтелектуальна власність : навч. посіб. К. : НТУУ «КПІ», 2012, 240 с.

86. Оформлення патентів на винаходи / Уклад.: Ю. М. Кузнецов, О. В. Литвин, В. Г. Кушик. К. : НЕУУ «КПІ» Тернопіль :ТДТУ, 1997. 37 с.

87. Проведення патентних досліджень : методичні вказівки до виконання курсових і дипломних проєктів / Уклад. І .О. Мікульонок К. : НТУУ «КПІ»,1999. 52 с.

88. Поспелов Д. А. Ситуаційне управління: теорія та практика, К.: 2021, 288 с.

89. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Методологія і організація наукових досліджень : навч. посіб. К. : «Центр учбової літератури», 2014. 142 с.

90. Меркулов І. П. Гіпотетико-дедуктивна модель і розвиток наукового знання. Суми, 2017. 189 с.

91. Медвідь В. Ю., Данько Ю. І., Кобилянська І. І. Методологія та організація наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці (у структурно-логічних схемах і таблицях) : навч. посіб. Суми :СНАУ, 2020. 220 с.



*Електронне навчальне видання  
комбінованого використання.  
Можна використовувати в локальному та мережному режимах*

**Василь Михайлович Кутін  
Марина Василівна Кутіна**

**МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ, ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ  
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ**

**Навчальний посібник**

Рукопис оформлено *М. Кутіною*

Редактор *В. Дружиніна*

Оригінал-макет підготовлено *Т. Старічек*

Підписано до видання 16.08.2023 р.  
Гарнітура Times New Roman.  
Зам. № P2023-093.

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет,  
Редакційно-видавничий відділ.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 65-18-06.  
**press.vntu.edu.ua;**  
*E-mail: irvc.ed.vntu@gmail.com.*  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.