



**Міністерство освіти і науки України**

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інститут «Кіберпорт»**

**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-  
інтегрованих технологій**

**І. М. Чуб**

**МЕТОДОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Курс лекцій**

**для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної  
(заочної) форм навчання за спеціальністю  
174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка»**

**Харків  
2025**

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут «Кіберпорт»

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

**І. М. Чуб**

**МЕТОДОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Курс лекцій**

**для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної  
(заочної) форм навчання за спеціальністю  
174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка»**

Затверджено  
рішенням науково-методичної ради  
інституту «Кіберпорт»  
Протокол № 4  
від «\_23\_» \_\_12\_\_\_\_ 2024 року

**Харків**

**2025**

УДК 510:621.9

Т 41

Схвалено на засіданні кафедри  
автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Протокол № 3 від  
17.10. 2024 р.

**Рецензенти:**

*С. Я. Бовчалюк*, канд. техн. наук, доцент кафедри електронних обчислювальних машин ХНУРЕ.

*М. П. Кунденко*, д-р. техн. наук, професор, зав. кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ 'ХП'.

Т 41      Методологія і організація наукових досліджень: курс лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної (заочної) форм навчання за спеціальністю 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. М. Чуб / - Електрон. дані. – Х.: ДБТУ, 2025. – 67 с.

Курс лекцій містить 8 тем. Вивчення тем допоможе студентам краще зрозуміти ключові принципи методології та організації наукових досліджень. У лекціях розглядаються основні етапи наукового дослідження, методи збору й аналізу інформації, а також правила формулювання наукових гіпотез і обґрунтування результатів. Також детально висвітлюються методи планування експериментів і техніки представлення наукових результатів.

Видання призначене студентам другого (магістерського) рівня вищої освіти денної (заочної) форм навчання спеціальності 174 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

**УДК 510:621.9**

**Відповідальний за випуск: К. В. Демченко, к. т. н., доцент**

© Чуб І. М., 2025  
© ДБТУ, 2025

## ЗМІСТ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                   | 4  |
| ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ НАУКИ, ЇЇ МЕТА, ЕЛЕМЕНТИ НАУКОВИХ ЗНАНЬ.....                                  | 5  |
| 1.1 Наука як система знань, основні поняття.....                                             | 5  |
| 1.2 Поняття наукового дослідження, його основні ознаки та характеристики.....                | 8  |
| 1.3 Поняття про наукові закони.....                                                          | 10 |
| ТЕМА 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                       | 14 |
| 2.1 Особливості структури наукового дослідження.....                                         | 14 |
| 2.2 Методологія наукових досліджень.....                                                     | 18 |
| 2.3 Мета, етапи науково-дослідних робіт.....                                                 | 20 |
| ТЕМА 3 ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                          | 24 |
| 3.1 Структура та класифікація наукових досліджень.....                                       | 24 |
| 3.2 Послідовність проведення теоретичних досліджень.....                                     | 25 |
| 3.3 Сучасні методи теоретичних досліджень.....                                               | 27 |
| ТЕМА 4 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД, ЙОГО МІСЦЕ ТА РОЛЬ У НАУКОВОМУ ПІЗНАННІ.....                        | 29 |
| 4.1 Поняття системи та її властивості.....                                                   | 29 |
| 4.2 Класифікація систем.....                                                                 | 30 |
| 4.3 Суть системного аналізу та його предмет.....                                             | 34 |
| ТЕМА 5 ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА АНАЛІЗ ЙОГО РЕЗУЛЬТАТІВ.....                               | 37 |
| 5.1 Методологія експерименту.....                                                            | 37 |
| 5.2 Розроблення плану-програми експерименту.....                                             | 40 |
| ТЕМА 6 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....                                                          | 42 |
| 6.1 Обґрунтування засобів вимірювань.....                                                    | 42 |
| 6.2 Основи теорії похибок.....                                                               | 47 |
| ТЕМА 7 ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....                                       | 49 |
| 7.1 Статистичні методи оцінки вимірювань в експериментальних дослідженнях.....               | 49 |
| 7.2 Визначення мінімальної кількості вимірювань.....                                         | 54 |
| ТЕМА 8 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МОДЕЛЮВАННЯ. МЕТОДИ ГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ..... | 55 |
| 8.1 Сутність методу моделювання.....                                                         | 55 |
| 8.2 Методи підбору емпіричних формул.....                                                    | 63 |
| 8.3 Метод найменших квадратів.....                                                           | 65 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                            | 67 |

## ВСТУП

Наука є складною та багатогранною системою, яка проникає у всі сфери життя і визначає напрями розвитку сучасного суспільства. Вивчення науки і наукових досліджень дозволяє зрозуміти основні принципи і методи наукового пізнання, а також особливості розвитку знань у різних галузях.

Конспект лекцій з методології та організації наукових досліджень, який пропонується для вивчення, покликаний допомогти студентам оволодіти основами наукового пізнання, зрозуміти структуру та логіку наукових досліджень, методи та підходи, які використовуються для досягнення наукових результатів.

У першій частині розглянуто основні поняття науки, її мету, а також ключові елементи наукових знань, серед яких наукові закони та особливості наукового пізнання. Розділи присвячені загальним відомостям про наукові дослідження, їх структуру, етапи проведення та методологію, що дозволяє чітко окреслити етапи науково-дослідної роботи і досягти поставлених цілей.

Далі акцентується увага на теоретичних методах наукового дослідження, їх послідовності, сучасних методах проведення досліджень, а також системному підході, який займає важливе місце в науковому пізнанні. У розділі розглядаються поняття системи, її властивості, класифікація та суть системного аналізу.

Окремо розглядаються методи планування і проведення експериментів, а також аналіз їх результатів. Важливою складовою є обробка результатів досліджень, що включає використання статистичних методів, оцінки точності та мінімальної кількості вимірювань.

Завершальна частина конспекту присвячена методам моделювання, графічного зображення результатів вимірювань, а також методу найменших квадратів, що є одним з ключових інструментів в аналізі даних.

Цей конспект допоможе студентам не лише засвоїти теоретичні основи науки, але й наблизить їх до практичного застосування наукових методів у своїй професійній діяльності.

## ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ НАУКИ, ЇЇ МЕТА, ЕЛЕМЕНТИ НАУКОВИХ ЗНАНЬ

### 1.1 Наука як система знань, основні поняття

Науку можна розглядати як специфічну форму суспільної свідомості, основу якої становить система знань, процес пізнання закономірностей об'єктивного світу, певний вид суспільного розподілу праці і як процес виробництва знань та їхнє використання.

**Наука** – сфера дослідницької діяльності, спрямована на одержання нових знань про природу, суспільство, мислення. Правильність наукового знання визначається не тільки логікою, але й насамперед перевіркою його на практиці. Мета науки – пізнання законів розвитку природи й суспільства, вплив на природу на підставі використання знань. Поки не відкриті відповідні закони, людина може тільки описувати явища, збирати, систематизувати факти, але не може нічого пояснити й передбачити.

Науки розподіляють на природні, технічні, суспільні й філософські. **Класифікація наук** – це розкриття їх взаємного зв'язку на підставі певних принципів і вираження цих зв'язків у вигляді логічно обґрунтованого розташування або ряду. Класифікація наук розкриває Взаємозв'язок природних, технічних, суспільних наук і філософії. В основі цієї класифікації лежать специфічні особливості об'єктів матеріального світу, які вивчають різні науки. Класифікація наук, з яких кожна аналізує окрему форму руху, разом з тим є класифікацією, розташуванням згідно з внутрішньо властивою їм послідовністю саме цих форм руху, і в цьому полягає її значення.

Проблема класифікації наук – це проблема структури всього наукового знання. Щоб правильно показати її місце, зокрема тенденції її перспективного розвитку, необхідно поглянути на неї з історичної точки зору. Тоді виявляється втрата колишньої простоти в загальній структурі науки, поява нових моментів, що суперечать тим основам, на які спиралася вся будова наукового знання в минулому. Ці моменти посилюються і створюється враження, що в даний час ми знаходимося на роздоріжжі: попередні погляди на загальну структуру науки почали змінюватися ще не на стільки щоб поступитися місцем новим поглядам, а нові погляди почали набувати значущості, але не настільки рішуче й ґрунтовно, щоб витіснити старі. Старе й нове співіснують поруч, немовби намагаючись знайти контакт або компроміс, як це зазвичай трапляється напередодні докорінного, революційного перевороту, що руйнує старе й рішуче прокладає дорогу новому.

Не розглядаючи розвиток науки в усій складності, ми хочемо гранично жорстко, ніби в «чистому вигляді», виявити головні тенденції її розвитку як системи наукового знання. У реальній дійсності всі ці тенденції можуть співіснувати й переплітатися між собою. Основні сучасні тенденції розвитку класифікації наук полягають у переході від диференціації наук до їх інтеграції. Тут відслідковується тенденція переходу від координації наук до їх субординації і від одноаспектності наук до розгляду комплексності. Далі розвиток класифікації наук намічає перехід від функціональності до субстратності. З самого початку свого виникнення, тобто з XVI – XVII ст., науки видокремлювали й продовжують видокремлюватися дотепер не за об'єктом (тобто не за субстратом, або носієм руху), а за формами руху (тобто за функцією або специфікацією руху) а також за окремими аспектами предмету, що вивчається.

Проте незабаром виявилось, що подібна однозначність між функціональністю і субстратністю в загальному випадку не має місця. Наприклад, атоми можуть одночасно слугувати об'єктом і фізики (атомної), і хімії; так само молекули можуть бути предметом і хімії, і фізики (молекулярної). Живий організм складає предмет і біології, і хімії, і фізики, і кібернетики.

Ту ж картину ми спостерігаємо і щодо розвитку суспільства. Окремий предмет (об'єкт) як ступінь історичного руху – та або інша соціально-економічна формація, взята як ціле, - повинен вивчатися сукупністю всіх суспільних наук і перш за все тих, що мають справу з відповідним економічним базисом, політичною і духовно-ідеологічною надбудовами.

**Технічні науки** - це специфічна система знань про цілеспрямоване перетворення природних тіл і процесів на технічні об'єкти, про методи конструктивно-технічної діяльності, а також про способи функціонування технічних об'єктів у системі суспільного виробництва.

Перші спроби підсумовувати науково-технічні знання спричинили систематизацію і класифікації цих наук. Далі ця класифікація потребувала розвитку і об'єднання, за якого в кожній науці зберігаються властивості.

Вивчаючи низку пов'язаних рухів, сучасна класифікація відповідає внутрішнім властивостям, властивим об'єктам певної послідовності. Свій організаційний прояв класифікація наук одержує в побудові систем науково – дослідницьких інститутів, структурі вищих навчальних закладів, бібліотек тощо.

Тут двояко виступає закон заперечення. В одному значенні є повернення до початкового однозначного співвідношення: один об'єкт (предмет) – одна наука, але повернення відбувається на іншій, більш високій основі. В іншому значенні заперечення заперечення виявляється в тому, що початком усього наукового знання було виникнення в античності єдиної недиференційованої науки під егідою філософії (натурфілософії). На

вищому ступені розвитку повинно буде виявитися немовби повернення до єдиної науки, але, зрозуміло, в більш глибокому і змістовному її розумінні.

Нарешті, вельми істотним для майбутньої класифікації буде перехід від одновимірності до багатовимірності в зображенні системи наук. Обговорення питання про графічне зображення майбутньої структури єдиної науки в даний час було б досить безпредметним, оскільки поки що неясне в деталях взаємовідношення між цілим і його внутрішніми частинами, а головне – між самими цими частинами всередині цілого за умови, що вони втратили свою минулу ізольованість і навіть минулу самостійність. Можна впевнено стверджувати, що при постановці й вирішенні такого завдання доведеться відмовитися не тільки від одновимірності, але й двовимірності в зображенні зв'язків між науками. Майбутня класифікація наук потребує багатомірності зображення.

**Науково-технічний прогрес** повинен спрямовуватися на поліпшення використання природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива й енергії на всіх станах – від видобутку й комплексної переробки сировини до випуску й використання кінцевої продукції, створення безвідходних технологій, збереження навколишнього середовища.

**Технічна політика** визначає його науково обґрунтовані тенденції. Технічна політика враховує дані науково-технічних прогнозів, реальні ресурси, які має в своєму розпорядженні країна, а також завдання зовнішньої політики, визначаючи пріоритетні напрями технічного прогресу.

Політика країни у сфері науки повинна спрямовуватися на створення більш сприятливих умов для пришвидшення досягнення економічних і соціальних цілей, духовного розвитку суспільства. Для цього необхідні технічне переозброєння народного господарства, тісне поєднання науки з виробництвом при використанні з цією метою нових форм інтеграції. Керуючи розвитком науки, уряд забезпечує правильне співвідношення фундаментальних і прикладних досліджень, конструкторських розробок, а також упровадження їх результатів у масове виробництво. Це сьогодні найскладніше організаційне завдання. Дієвим інструментом керування розвитком науки є також фінансування й матеріальне забезпечення наукових досліджень. Фінанси й матеріальні ресурси призначаються в першу чергу для найважливіших і перспективних напрямів науково-технічного прогресу. Все більше розповсюдження одержує принцип фінансування не окремих науково-дослідних підрозділів, а крупних наукових програм. Програмно-цільовий підхід до наукової діяльності оптимізує внутрішні тенденції наукового пізнання й керування ним, розширює можливості планування науки, пов'язуючи її внутрішні стимули з організаційними питаннями вдосконалення структури наукових колективів.

Прикладами успішної реалізації в нашій країні найбільших наукових програм є оволодіння атомною енергією, освоєння космічного простору

тощо. Крупні розробки, що вимагають участі десятків або сотень підприємств, різних міністерств і відомств, можна реалізувати тільки при програмно-цільовому плануванні й керуванні. Програма — це комплекс робіт, що переслідують важливу для народного господарства мету (наприклад, створення й освоєння нової технології). Інструмент для їх організації передбачає питання фінансування, ресурсного забезпечення, керування, складу учасників розробки, їх взаємодії і т.д. За кожною програмою призначають свого керівника, головну організацію, головне міністерство.

Головною особливістю **програмно-цільового методу** є орієнтація на досягнення кінцевого народно господарського ефекту з урахуванням максимально можливої кількості впливаючих чинників. Мета, що ставиться перед системою, визначається, як правило, двояко. В одному випадку вона задається наперед. Після цього можливості системи оцінюють, виходячи з сформульованої мети й намічаються заходи щодо її досягнення. Часто під задану мету створюють відповідну систему й органи керування нею.

В іншому випадку мета визначається з даного положення системи і виступає як очікуваний до певного часу результат, як майбутнє положення системи. Для цього проводиться попередній аналіз положення системи, її реальних можливостей, На підставі чого і визначається мета. При цьому удосконалюється існуюча система керування без принципової зміни його структури.

Цільова орієнтація програмно-цільового методу сприяє підкоренню локальних планово-управлінських завдань єдиним народногосподарським цілям.

У цільових програмах відображається системний підхід до розвитку народного господарства, визначаються шляхи вдосконалення системи керування для прискореного досягнення кінцевого результату.

Принцип системного підходу в керуванні програмою реалізується за допомогою спеціально виділеного органу з відповідними повноваженнями щодо координації робіт і фінансування виконавців.

Таким чином, науково-технічна революція безперервно висуває нові невідкладні завдання перед вищою і середньою спеціальною школою в напрямі підвищення якості підготовки фахівців, здатних у практичній роботі використовувати самі останні досягнення науки й техніки, брати активну участь в отриманні нових наукових результатів.

## **1.2 Поняття наукового дослідження, його основні ознаки та характеристики**

Істотним для майбутньої класифікації є перехід від одновимірності до багатовимірності зображення системи наук. Обговорення питання про графічне зображення майбутньої структури єдиної науки в наш час досить

безпредметне, оскільки поки що незрозуміле детальне взаємовідношення між цілим і його внутрішніми частинами, а головне – між самими цими частинами всередині цілого за умови, що вони втратили свою ізольованість і навіть самостійність. Можна впевнено стверджувати, що при постановці й вирішенні такого завдання доведеться відмовитися не тільки від одномірності, але й двомірності в зображенні зв'язків між науками. Майбутня класифікація наук потребує багатомірності в її зображенні.

**Науково-технічний прогрес** повинен бути спрямований на поліпшення використання природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива й енергії на всіх стадіях від здобичі й комплексної переробки сировини до випуску й використання кінцевої продукції, на створення безвідходних технологій, на збереження навколишнього середовища.

**Технічна політика** визначає його науково обґрунтовані тенденції. Технічна політика враховує дані науково-технічних прогнозів, реальні ресурси, які має в своєму розпорядженні країна, а також завдання зовнішньої політики, визначаючи пріоритетні напрями технічного прогресу.

Політика країни у сфері науки повинна спрямовуватися на створення більш сприятливих умов для прискорення досягнення економічних і соціальних цілей, духовного розвитку суспільства. Для цього необхідні технічне переозброєння народного господарства, тісне поєднання науки з виробництвом при використанні з цією метою нових форм інтеграції. Керуючи розвитком науки, уряд забезпечує правильне співвідношення фундаментальних і прикладних досліджень, конструкторських розробок, а також упровадження їх результатів у масове виробництво. Це сьогодні найскладніше організаційне завдання. Дієвим інструментом керування розвитком науки є також фінансування й матеріальне забезпечення наукових досліджень. Фінанси й матеріальні ресурси призначаються в першу чергу для найважливіших і перспективних напрямів науково-технічного прогресу. Усе більшого поширення набуває принцип фінансування не окремих науково-дослідних підрозділів, а крупних наукових програм. Програмно-цільовий підхід до наукової діяльності оптимізує внутрішні тенденції наукового пізнання й керування ним, розширює можливості планування науки, пов'язуючи її внутрішні стимули з організаційними питаннями вдосконалення структури наукових колективів.

Прикладами успішної реалізації в нашій країні найбільших наукових програм є оволодіння атомною енергією, освоєння космічного простору тощо. Великі розробки, що потребують участі десятків або сотень підприємств, різних міністерств і відомств, можна реалізувати тільки при програмно-цільовому плануванні й керуванні. Програма – це комплекс робіт, що переслідують важливу для народного господарства мету (наприклад, створення й освоєння нової технології). Інструмент для їх організації передбачає питання фінансування, ресурсного забезпечення,

керування, складу учасників розробки, їх взаємодії тощо. За кожною програмою призначають свого керівника, головну організацію, головне міністерство.

Головною особливістю **програмно-цільового методу** є орієнтація на досягнення кінцевого народно-господарського ефекту з урахуванням максимально можливої кількості впливаючих чинників. Мета, що ставиться перед системою, визначається, як правило, двояко. В одному випадку вона задається наперед. Після цього можливості системи оцінюють, виходячи з сформульованої мети й намічаються заходи щодо її досягнення. Часто під задану мету створюють відповідну систему й органи керування нею.

В іншому випадку мета визначається за заданим положенням системи і в очікуванні до певного часу результатом, як майбутнє положення системи. Для цього проводиться попередній аналіз положення системи, її реальних можливостей, на підставі чого і визначається мета. При цьому вдосконалюється існуюча система керування без принципового змінювання її структури.

Цільова орієнтація програмно-цільового методу сприяє підпорядкуванню локальних планово-управлінських завдань єдиним народногосподарським цілям.

У цільових програмах відображається системний підхід до розвитку народного господарства, визначаються шляхи вдосконалення системи керування для пришвидшеного досягнення кінцевого результату.

Принцип системного підходу в керуванні програмою реалізується за допомогою спеціально виділеного органу з відповідними повноваженнями щодо координації робіт і фінансування виконавців.

Таким чином, науково-технічна революція безперервно висуває нові невідкладні завдання перед вищою і середньою спеціальною школою в напрямі підвищення якості підготовки фахівців, здатних у практичній роботі використовувати самі останні досягнення науки й техніки, брати активну участь в отриманні нових наукових результатів.

### **1.3 Поняття про наукові закони**

Розвиток наукових знань примушує уточнювати визначення понять, вносити нові ознаки в його зміст. При цьому поняття узагальнюється або обмежується. У **науковому дослідженні** визначення звичайно завершують процес дослідження, закріплюють ті результати, до яких учений прийшов у своєму дослідженні. Без визначення понять можливе помилкове тлумачення думок автора дослідження. Визначення поняття виявляється можливим у тому випадку, коли ми знаємо, до якого роду воно відноситься й які в нього видові ознаки. Встановлення видових ознак здійснюється за допомогою розподілу поняття. Розподілом поняття називається розкриття всіх видів, що

входять до складу даного поняття. Якщо визначення має справу із змістом поняття, що вивчається, то розподіл – з обсягом поняття.

Розподіл визначається такими правилами: 1) члени розподілу повинні вичерпувати об'єм ділимого поняття; 2) розподіл повинен проводитися щодо однієї певної підстави; 3) члени розподілу повинні виключати один одного.

Підставою розподілу називається та ознака, що є загальною для всіх видів, що входять в об'єм даного поняття. Особливим видом розподілу понять є **дихотомія**, або двочленний розподіл, при якому членами розподілу бувають тільки два поняття, з яких одне є тим, що суперечить іншому.

**Думка** – це співставлення понять, що встановлюють об'єктивний зв'язок між мислимыми предметами і їх ознаками або між предметом і класом предметів.

Думки поділяються за такими ознаками: якість, кількість, відношення, модальність. Зі свого боку, за якістю думки поділяються на ствердні й негативні, за кількістю – на загальні, приватні й одиничні, за відношенням – на категоричні, умовні й розділові, за модальністю – на проблематичні, аподиктичні й асерторичні. У проблематичних думках наявність зв'язку понять наголошується лише з певним ступенем вірогідності. В аподиктичних думках указується, що зв'язок понять є безумовно необхідним. Асерторичні думки вказують тільки на дійсно існуючий зв'язок понять.

Поєднання думок за кількістю і якістю приводить до чотирьох нових видів думок: загальноствердні, загальнонегативні, частковозатверджувальні й часткововід'ємні.

До думки про предмет або явищі людина може прийти або шляхом безпосереднього споглядання якого-небудь факту, або опосередкованим шляхом – за допомогою висновку. **Висновок** – процес мислення, що становить послідовність двох або декількох думок, в результаті яких виводиться нова думка. Часто висновок називають висновком, через який стає можливим перехід від мислення до дії, практики. Разом з тим слід підкреслити, що не всяка послідовність думок може бути названа висновком. У висновку зв'язок двох думок іноді становить підпорядкування, через яке одне (підстава) обумовлює інше (наслідок).

Висновки діляться на дві категорії: **дедуктивні й індуктивні**. Дедуктивні висновки є виведенням окремого випадку з якого-небудь загального положення. В індуктивних висновках на підставі окремих випадків приходять до загального положення.

Висновки розподіляються також на безпосередні й опосередковані. У безпосередніх висновках від однієї думки приходять до іншої. В опосередкованих думках перехід від однієї думки до іншої здійснюється за допомогою третьої. Якщо в процесі висновку змінюється форма думки, то

говорять про її перетворення, наприклад ствердна думка стає негативною, і навпаки. При цьому значення і кількість думки зберігаються. Поняття, думки і висновки виражаються в словесній формі.

У процесі наукового дослідження можна видокремити наступні етапи: виникнення ідей; формування понять, думок; висунення гіпотез; узагальнення наукових чинників; доказ правильності гіпотез і думок.

**Наукова ідея** – інтуїтивне пояснення явища без проміжного аргументування, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на підставі якої роблять висновок. Вона базується на знанні, але розкриває раніше не помічені закономірності. Свою специфічну матеріалізацію ідея знаходить в гіпотезі.

**Гіпотеза** – це припущення про причину, що викликає дане слідство. Якщо гіпотеза узгоджується із спостережуваними фактами, то в науці її називають теорією або законом. У процесі пізнання кожен гіпотезу піддають перевірці, в результаті якої встановлюється, що слідства, які впливають з гіпотези, дійсно співпадають із спостережуваними явищами, що дана гіпотеза не суперечить ніяким іншим гіпотезам, які визнаються вже доведеними. Слід, проте, підкреслити, що для підтвердження правильності гіпотези необхідно переконатися не тільки в тому, що вона не суперечить дійсності, але і в тому, що вона є єдиною можливою і з її допомогою вся сукупність спостережуваних явищ знаходить собі цілком достатнє пояснення.

З накопиченням нових фактів одна гіпотеза може бути замінена іншою лише в тому випадку, якщо ці нові факти не можуть бути пояснені старою гіпотезою або їй суперечать. При цьому часто стара гіпотеза не відкидається цілком, а тільки виправляється і уточнюється. У міру уточнення і виправлення гіпотеза перетворюється на закон.

**Закон** – внутрішній істотний зв'язок явищ, що обумовлює їх необхідний закономірний розвиток. Закон виражає певний стійкий зв'язок між явищами або властивостями матеріальних об'єктів.

Закон, створений шляхом здогадки, повинен бути потім логічно доведений, тільки тоді він визнається наукою. Для доказу закону наука використовує думки, які були раніше визнані істинними і з яких логічно слідує доводжувана думка. В окремих випадках в рівній мірі опиняються доказовими суперечливі думки. В таких випадках говорять про виникнення парадоксу в науці, що завжди свідчить про наявність помилок в логіці доказу або неспроможності початкових думок в даній системі знань.

**Парадокс у широкому значенні** – це твердження, що різко розходиться із загальноприйнятою, сталою думкою, заперечення того, що уявляється «безумовно правильним». Парадокс у вузькому значенні – це два протилежні твердження, для кожного з яких є аргументи, що здаються переконливими.

Парадоксальність є характерною межею сучасного наукового пізнання світу. Наявність парадоксів стає свідченням неспроможності існуючих теорій, вимогою подальшого їх вдосконалення.

Виявлення і дозвіл парадоксів стали в сучасній науці звичною справою. Основні шляхи їх дозволу: усунення помилок в логіці доказів; вдосконалення початкових думок в даній системі знань.

Як вже наголошувалося, в результаті опрацювання і співставлення з дійсністю наукова гіпотеза може стати теорією.

**Теорія** (від лат. *terio* – розглядаю) – система узагальненого знання, пояснення тих або інших сторін дійсності. Теорія є духовним, уявним віддзеркаленням і відтворенням реальної дійсності. Вона виникає в результаті узагальнення пізнавальної діяльності і практики. Це узагальнений досвід у свідомості людей.

Структуру теорії формують принципи, аксіоми, закони, думки, положення, поняття, категорії і факти. Під принципом в науковій теорії розуміється найабстрактніше визначення ідеї (початкова форма систематизації знань). Принцип – це правило, що виникло в результаті суб'єктивно осмисленого досвіду людей.

Початкові положення наукової теорії називаються постулатами або аксіомами.

**Аксіома (постулат)** – це положення, яке береться як початкове, недоказове в даній теорії і з якого виводиться вся решта пропозицій і виведень теорії за наперед фіксованими правилами. Аксіоми очевидні без доказу. В сучасній логіці і методології науки постулат і аксіому звичайно використовують як еквівалентні.

Теорія складається з відносно жорсткого ядра і його захисного пояса. В ядро входять основні принципи. Захисний пояс теорії містить допоміжні гіпотези, що конкретизують її ядро. Цей пояс визначає проблеми, що підлягають подальшому дослідженню, передбачає факти, що не узгоджуються з теорією, і тлумачить їх так, що вони перетворюються на приклади, підтверджуючі її.

Теорія є найрозвиненішою формою узагальненого наукового пізнання. Вона містить в собі не тільки знання основних законів, але і пояснення фактів на їх основі. Теорія дозволяє відкривати нові закони і передбачати майбутнє.

Рухом думки від незнання до знання керує методологія. **Методологія** – філософське вчення про методи пізнання і перетворення дійсності, вживання принципів світогляду до процесу пізнання, духовної творчості і практики.

У методології виявляються дві взаємозв'язані функції: 1) обґрунтування правил вживання світогляду до процесу пізнання і перетворення світу; 2) визначення підходу до явищ дійсності. Перша функція – загальна, друга –

приватна. Загальна функція базується на узагальненні системи поглядів людини на світ в цілому, на місце окремих явищ у світі і на своє власне місце в ньому. Протилежності в науці виявляються в різних формах, що впливають з конкретно визначених завдань. Це нове і старе, позитивне і негативне, консервативне і революційне. Нове, позитивне і революційне, як більш вчинене, пробиває собі дорогу в боротьбі із старим, віджилим. Не розуміти цього і не вивчати з позицій цього закону факти і явища – означає, ніколи не дійти до істини.

### **Запитання до теми 1**

1. Додайте визначення поняття «наука» та охарактеризуйте її головні цілі та функції.
2. Додайте визначення поняття «фінансова наука» та покажіть її місце в системі економічних наук.
3. Додайте визначення поняття «категорія», назвіть та охарактеризуйте основні ознаки категоріальності.
4. Додайте визначення поняття «філософія науки.».
5. Назвіть основні концепції співвідношення філософії та науки. Додайте стислу характеристику.
6. Охарактеризуйте основні положення метафізичної концепції співвідношення філософії та науки.
7. Охарактеризуйте основні положення позитивістської концепції співвідношення філософії та науки.
8. Охарактеризуйте основні положення антиінтеракціоністської концепції співвідношення філософії та науки.
9. Охарактеризуйте основні положення діалектичного підходу до дослідження.
10. Охарактеризуйте підходи щодо оцінки ролі науки в суспільстві

## **ТЕМА 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Особливості структури наукового дослідження**

Початком наукового дослідження є докладний аналіз сучасного стану проблеми, яка розглядається. Він здійснюється на підставі інформаційного пошуку з широким використанням ЕОМ. При цьому використовуються різні джерела інформації, які є в Україні, а також всесвітня комп'ютерна мережа «Інтернет». На підставі аналізу проблеми складаються огляди, реферати й експресінформації, подається класифікація основних напрямів і визначаються

конкретні завдання дослідження. Далі здійснюється вибір методу дослідження з використанням критеріїв його оцінки, складається план-графік виконання робіт та розраховується очікуваний економічний ефект. Власне виконання наукових досліджень полягає у розв'язанні визначених на початку завдань. Зазвичай у фундаментальних і прикладних дослідженнях використовується математичне або фізичне моделювання, а також поєднання цих методів. Математичне моделювання включає декілька послідовних кроків. Це складання математичної моделі досліджуваного процесу На підставі зібраних даних або використання готової моделі досліджуваного процесу На підставі зібраних даних, або використання готової моделі з корегуванням основних і допоміжних факторів, що здебільшого дозволяє спростити та пришвидшити дослідження. Для зручності розв'язання визначеного завдання математичний опис явища виконується у безрозмірних одиницях На підставі теорії подібності. Далі здійснюється вибір способу розв'язання завдання (аналітичний або наближений) з урахуванням декількох умов, а саме: необхідної точності; тривалості виконання; оптимальних матеріальних витрат. Оброблення результатів експерименту виконується за допомогою ЕОМ. На підставі широкого застосування математичної теорії планування експерименту отримують результати у вигляді математичних рівнянь, будують графіки і номограми, які характеризують закономірності процесу, що досліджується. Фізичне моделювання може здійснюватися на модельній (лабораторній) або натурній установці. Для цього розробляються креслення установки, визначається діапазон основних параметрів, добирається вимірювальна апаратура, а також складається програма проведення досліджень. Експерименти можуть здійснюватись за класичною схемою (коли послідовно перебираються вибрані фактори) або з використанням математичної теорії планування експерименту. Після виконання програми досліджень проводиться перевірка правильності одержаних результатів, оброблення одержаних даних і отримання відповідних рівнянь та оцінюється помилка розрахунку за ними. Під час фізичного моделювання широко використовується ЕОМ – для керування експериментом і обробки його результатів. Завершенням наукової розробки є аналіз отриманих результатів та їх оформлення. Виконується співставлення результатів теорії та експерименту, дається аналіз їх можливих відмінностей. Складається звіт про проведені наукові дослідження, який оформляється за державним стандартом.

**Етапи виконання науково-дослідних робіт.** Можна видокремити шість основних етапів виконання прикладної науково-дослідної роботи, а саме: формулювання теми (ознайомлення з проблемою, складання техніко-економічного обґрунтування, попереднє визначення очікуваного економічного ефекту від впровадження); формулювання мети і завдань дослідження (літературний огляд, співставлення і критика проблемної інформації, узагальнення і висвітлення стану питання за темою); теоретичні

дослідження (вивчення фізичної суті явища, формулювання гіпотези, вивід математичних залежностей та їх теоретичний аналіз); експериментальні дослідження (розробка мети і завдань експерименту, планування, засоби вимірювання, дослідна установка, проведення експериментів, опрацювання результатів); аналіз і оформлення результатів наукових досліджень (загальний аналіз теоретичних і експериментальних досліджень, співставлення їх результатів, аналіз розходжень, уточнення теорії, у разі потреби, проведення додаткових експериментальних досліджень); упровадження і визначення економічного ефекту (розрахунок річного економічного ефекту, передача для впровадження у виробництво, авторський нагляд за впровадженням або розроблення технічного завдання на дослідно-конструкторську роботу) [76, с. 45–46].

**Етапи дослідно-конструкторської розробки:** формулювання теми, мети і завдань дослідження; вивчення літератури, проведення досліджень до технічного проектування експериментального зразка; технічне проектування (розробка варіантів технічного проекту, розрахунки, розробка креслень, виготовлення вузлів, узгодження технічного проекту та техніко-економічного обґрунтування); робоче проектування (розробка загального вигляду, вузлів, деталей, пояснювальної записки для виготовлення дослідного зразка); виготовлення дослідного зразка (проектування технологічного процесу виготовлення, розробка технологічних карт і проекту організації робіт, виготовлення деталей, складання зразка, підключення, доводка, регулювання; стендові й виробничі випробування); – доопрацювання дослідного зразка; – державні випробування (передача зразка спеціальній комісії, випробування за методикою і оформлення акта держвипробування). Наведені етапи робіт відповідають вимогам чинного держстандарту щодо послідовності виконання і оформлення результатів наукових робіт. теоретичне або практичне значення. Висвітлювати наукові факти потрібно в контексті загального історичного процесу, історії розвитку певної галузі. Виклад має бути багатоаспектним, з урахуванням як загальних, так і специфічних їх особливостей. Накопичення наукових фактів у процесі дослідження – це творчий процес, в основі якого завжди лежить задум ученого, його ідея. У філософському розумінні ідея – це продукт людського мислення, форма відтворення дійсності. Ідею відрізняє від інших форм мислення те, що в ній відображено не тільки об'єкт вивчення, а й усвідомлення мети, перспективи пізнання і практичного перетворення дійсності. Тому важливе значення має історичне вивчення не лише об'єкта дослідження, а й розвитку знань про нього. Ідеї народжуються з практики, спостережень навколишнього світу й потреб життя. В основі ідей лежать реальні факти і події. Життя ставить конкретні завдання, однак часто продуктивні ідеї для їх виконання знаходять не відразу. У такому випадку на допомогу приходить здатність дослідника проаналізувати ідеї, погляди попередників, запропонувати новий, зовсім незвичний аспект розгляду завдання, яке протягом тривалого часу не могли виконати за

загального підходу до справи. Вивчення історичного досвіду, визначення етапів становлення, розвитку об'єкта дослідження та ідеї від часу виникнення до стадії виконання завдання значно збагачує наукове дослідження, свідчить про достовірність його результатів і висновків, підтверджує наукову об'єктивність і компетентність дослідника. Нова ідея – не просто зміна уявлень про об'єкт дослідження, це якісний стрибок думки за межі сприйнятих чуттями даних і, здавалося б, перевірених рішень. Нові ідеї можуть з'являтися під впливом парадоксальних ситуацій, коли виявлено незначний, неочікуваний результат, який надто розходиться із загальноприйнятими положеннями науки – парадигмами. Вироблення нових знань відбувається за такою схемою: парадигма – парадокс – нова парадигма. Розвиток науки – це зміна парадигм, методів, стереотипів мислення. Перехід від однієї парадигми до іншої не можна описати логічно, тому що кожна з них відкидає попередню й дає принципово новий результат дослідження, який не можна логічно вивести з відомих теорій. Особливу роль при цьому відіграють інтуїтивні механізми наукового пошуку, які не ґрунтуються на формальній логіці. Складність, багатогранність і міждисциплінарний статус будь-якої наукової проблеми зумовлюють необхідність вивчати її в «системі координат», задаваній різними рівнями методології науки. Методологія (від грец. *methodos* – спосіб, метод і *logos* – наука, знання) – учення про правила мислення в процесі створення теорії науки. Питання методології досить складне, оскільки саме це поняття тлумачать по-різному. Багато зарубіжних наукових шкіл не розмежовують методологію і методи дослідження. У вітчизняній науковій традиції методологію розглядають як учення про науковий метод пізнання або як систему наукових принципів, на яких ґрунтується дослідження і вибір сукупності пізнавальних способів, методів і прийомів. Найчастіше методологію розглядають: як теорію методів дослідження, створення концепцій; систему знань про теорію науки або про систему методів дослідження. Методику розуміють як сукупність прийомів дослідження, що включає техніку і різноманітні операції з фактичним матеріалом. Методологія виконує такі функції: дає можливість установити способи одержання наукових знань, які відображають динамічні процеси та явища; визначає шляхи досягнення певної науково-дослідної мети; забезпечує всебічність отримання інформації про досліджуваний процес чи явище; уможливорює введення нової інформації до фонду теорії науки; забезпечує уточнення, збагачення, систематизацію термінів і понять у науці; дозволяє створити систему наукової інформації, яка ґрунтується на об'єктивних фактах, і логіко-аналітичний інструментарій наукового пізнання. Ці ознаки методології, що визначають її функції в науці, дають змогу зробити такий висновок: методологія – це концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної,

систематизованої інформації про певні процеси та явища. Методологічна основа дослідження, як правило, не є самостійним розділом наукової праці, однак від її чіткого визначення істотною мірою залежить досягнення мети і виконання завдань наукового дослідження. Крім того, у розділах основної частини роботи подають виклад загальної методики й основних методів дослідження, а це потребує визначення методологічних основ кваліфікаційної роботи. Під методологічною основою дослідження треба розуміти основне, вихідне положення, на якому ґрунтується наукове дослідження. Методологічні основи певної науки завжди існують поза цією наукою, за її межами і не виводяться із самого дослідження. Методологія – вчення про систему наукових принципів, форм і способів дослідницької діяльності – має чотирирівневу структуру. Нині розрізняють фундаментальні, загальнонаукові принципи, що становлять власне методологію, конкретнонаукові принципи, які лежать в основі теорії тієї чи іншої дисципліни або наукової галузі, і систему конкретних методів і технік, що застосовуваних для виконання спеціальних дослідних завдань.

## **2.2 Методологія наукових досліджень**

**Методологія** – це вчення про систему методів наукового пізнання та перетворення реальної дійсності. У буквальному розумінні методологія - це вчення про метод.

Головною метою методології є вивчення тих засобів, методів та прийомів наукового дослідження, за допомогою яких суб'єкт наукового пізнання одержує нові знання про реальну дійсність. Предмет її вивчення - це поняття і методи науки, їх сфера застосування.

Загальна методологія науки досліджує закони розвитку наукового пізнання в цілому. Водночас методологія ґрунтується на законах окремих наук, особливостях пізнання конкретних процесів і проявляється у здійсненні теоретичних узагальнень, принципів методів дослідження окремих наук, тому вона й конкретно-наукова.

Розвиток методології науки пов'язаний з розвитком методів наукового пізнання дійсності.

**Метод (від грец. *tethodos* – спосіб пізнання)** – це спосіб, шлях пізнання та практичного перетворення реальної дійсності, система прийомів та принципів, що регулюють практичну та пізнавальну діяльність людей.

**Методологія** науки може бути загальною і конкретною. Загальна методологія науки – це матеріалістична діалектика, теорія пізнання, яка досліджує найзагальніші закони розвитку природи, суспільства і мислення. Конкретна методологія ґрунтується на законах окремих наук, особливостях пізнання конкретних процесів і виявляється в існуванні, з іншого боку теоретичних узагальнень і принципів цих наук, а з другого - конкретних методів дослідження. Предметом вивчення методології є методи науки, сфера їх

застосування. Виходячи з методології діалектичного матеріалізму розрізняють загальнонаукові й конкретно-наукові методи наукового пізнання.

До загальнонаукових методів пізнання (дослідження) належать: аналіз, синтез, класифікація, експеримент, абстрагування, індукція, дедукція, аналогія, порівняння, ідеалізація, моделювання, системний метод та інші. Ці методи використовуються також і при дослідженні фінансових проблем. Наприклад, суть методів моделювання полягає в тому, що вивчення об'єкта замінюється вивченням аналога - моделі. Реальний процес у цьому випадку відображується у вигляді математичних і логічних схем. Зокрема при дослідженні фінансових проблем моделлю виступає абстрактна, логікоматематична схема того чи іншого економічного процесу.

Найбільш поширені у фінансових дослідженнях інформаційні й логіко-математичні схеми, що дають змогу широко використовувати ЕОМ.

Сучасна наука змушена вивчати дедалі складніші об'єкти. Ці об'єкти являють собою системи, наприклад, міжнародні фінанси, фінансова система держави чи окрема сфера фінансової системи. Суть системного методу полягає в тому, що об'єкт вивчення як сукупність і як єдина система поділяється на частини (елементи). Потім ці частини (елементи) зі свого боку подаються як сукупність і далі діляться на частини доти, поки не буде здобуто неподільний, з погляду першого принципу поділу, елемент. Взаємозв'язок частин (елементів) виявляється в утворенні спільності.

Системний метод широко використовується у фінансовій науці. На сучасному етапі відбувається інтенсивний процес математизації науки, бо необхідність у кількісних характеристиках явищ і процесів об'єктивно зумовлює застосування математичних методів дослідження. Особливо це стосується економічних проблем. На сучасному етапі для дослідження проблем фінансової науки широко застосовуються економіко-математичні та статистичні методи.

Протягом останніх років значно поширилися такі методи: аналітичні (елементарна математика, диференціальні й інтегральні рівняння, варіаційне числення та інші розділи вищої математики), які використовуються для вивчення неперервних детермінованих процесів; імовірісно-статистичні (математична статистика, дисперсійний і кореляційний аналізи, теорія надійності та інші), які використовуються для вивчення випадкових процесів - дискретних і неперервних; математичного аналізу з використання експерименту (метод аналогій, теорія подібності та інші); системного аналізу (дослідження операцій, теорії масового обслуговування, управління, множин та інші). Ці методи застосовуються для дослідження складних моделей систем з різноманітними й складними взаємозв'язками елементів, які характеризуються неперервністю й детермінованістю, а також дискретністю й випадковістю. Конкретно-наукові методи наукового пізнання є специфічними методами конкретних наук, наприклад, економічних. Вони формуються залежно від

цільової функції даної науки й характеризуються взаємопроникненням, виходом за межі сфери знання, у якій вони сформувалися. Це зумовлене складними й суперечливими процесами диференціації й інтеграції знань на перетині наук.

Для дослідників-науковців дуже важливо мати уявлення про методологію та методи наукової творчості, оскільки саме на перших кроках до набуття навичок наукової роботи постає найбільше питань власне методологічного характеру. Передусім бракує досвіду в застосуванні: методів наукового пізнання; логічних законів і правил; нових засобів і технологій. Тому є сенс розглянути ці питання докладніше. Не можна ігнорувати факти тільки тому, що складно їх пояснити або знайти їм практичне застосування. Зміст нового в науці не завжди бачить сам дослідник. Нові наукові факти й навіть відкриття, значення яких погано розкриті, можуть тривалий час залишатися в резерві науки і не використовуватися на практиці. Для наукового дослідження важливо все. Концентруючи увагу на основних питаннях теми, необхідно зважати і на побічні факти, які на перший погляд здаються малозначними. Проте в таких фактах може приховуватися початок важливих відкриттів.

### **2.3 Мета, етапи науково-дослідних робіт**

Будь-яке наукове дослідження має свій об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом наукового дослідження являється матеріальна або ідеальна система, яка вивчається за допомогою експериментальних або теоретичних методів. Предметом наукового дослідження являється структура досліджуваної системи, закономірності взаємодії елементів всередині системи та поза нею, закономірності розвитку системи, її властивості тощо. Наукові дослідження класифікують:

а) за видами зв'язку наукової теми з виробництвом та ступенем важливості теми дослідження для народного господарства;

б) за цільовим призначенням, джерелом фінансування та тривалістю ведення дослідження. За видами зв'язку з суспільним виробництвом наукові дослідження діляться на роботи по створенню нових технологічних процесів, машин, конструкцій, роботи, зв'язані з підвищенням ефективності виробництва; - роботи, зв'язані з покращенням умов праці людей, роботи, спрямовані на розвиток особистості людини тощо.

За цільовим призначенням відокремлюють три види наукових досліджень: фундаментальні, прикладні та просто наукові розробки. Фундаментальні наукові дослідження – спрямовані на відкриття та вивчення нових явищ та законів природи, на створення нових принципів досліджень. Їх метою є розширення наукових знань суспільства, встановлення тих фактів та законів, які можуть бути використані в майбутньому в практичній діяльності людини.

Такі дослідження ведуться на межі відомого та невідомого, вони мають найбільшу ступінь невизначеності. Прикладні дослідження – спрямовані на знаходження способів використання відомих законів природи для створення нових та вдосконалення існуючих засобів та способів людської діяльності. Їх мета – встановлення того, як можуть бути використані наукові знання на практиці, які отримані в результаті фундаментальних досліджень. Прикладні дослідження, в свою чергу, діляться на пошукові, науководослідні, дослідно-конструкторські. В результаті фундаментальних та прикладних досліджень формується нова наукова та науково-технічна інформація. Ціленаправлений процес перетворення такої інформації в форму, яка може бути впроваджена у виробництво, називається розробкою. За ступенем важливості для народного господарства наукові дослідження поділяються так: важливіші (пріоритетні) – роботи, які виконуються за постановою Кабінету Міністрів України, постановою Президії НАН України; роботи, які виконуються за планами галузевих міністерств та відомств; роботи, які виконуються за ініціативою та планами окремих науководослідних організацій. Залежно від джерела фінансування наукові дослідження поділяють на держбюджетні, госпдоговірні та не фінансові. Держбюджетні наукові дослідження фінансуються із фондів (засобів) державного бюджету (вони можуть бути фундаментальні, прикладні, пошукові тощо).

Госпдоговірні дослідження фінансуються організаціями-замовниками (міністерствами, заводами, підприємцями) На підставі господарських договорів. Нефінансові наукові дослідження проводяться за ініціативою окремих науковців (наприклад, викладачів вузів), або в рамках наукового співробітництва між різними організаціями. Кожна науково-дослідна робота відноситься до певного наукового напрямку. Під науковим напрямком розуміють розділ науки, або комплекс наук, в області яких ведуться наукові дослідження. У зв'язку з цим розрізняють технічний, біологічний, хімічний, екологічний, еколого-медичний, екологосоціальний, фізико-технічний, соціальний, історичний та інші наукові напрямки. Таким чином, основою наукового напрямку являється спеціальна наука або ряд наук, які входять в ту або іншу галузь, а також спеціальні методи та технічні засоби (прилади), які використовуються в процесі дослідження (наприклад спектроскопія), або виробництва в яких ведуться наукові дослідження (газотурбобудування тощо.).

**Структура наукового напрямку.** Структурними одиницями наукового напрямку є комплексні проблеми, проблеми, окремі теми, наукові питання. Комплексна проблема – це сукупність проблем, об'єднаних єдиною метою. Проблема – це сукупність складних теоретичних та практичних задач, вирішення яких назріли в суспільстві. З соціально-психологічних позицій проблема – це протиріччя між суспільною потребою в знанні та відомими шляхами його отримання. Проблема виникає тоді, коли людська практика

зустрічає затруднення в досягненні мети. Тема наукового дослідження є складовою частиною наукової проблеми. У результаті досліджень по темі одержують відповіді на певне коло питань, які охоплюють частину проблеми. Узагальнення результатів відповідей тощо комплексу тем може забезпечити вирішення наукової проблеми. Під науковими питаннями розуміють дрібні наукові завдання, які стосуються конкретної теми наукового дослідження. Вибір наукового напрямку, проблеми, теми наукового дослідження, визначення наукових завдань та питань, які треба розв'язати, є надзвичайно відповідальною задачею. Вибраний напрям, мета дослідження повинні бути актуальними, пов'язаними з потребами виробництва, суспільства, або певної галузі науки. Вибрана тема дослідження повинна містити наукову новизну, інакше вона може перетворитися на плагіат, уже проведеного колись дослідження. Для цього необхідно добре знати стан наукових розробок в даній галузі досліджень, знати літературу, мати певні напрацювання по вибраній темі досліджень. Вибрана тема досліджень повинна мати практичну цінність, яка виражається в рекомендації до запровадження результатів дослідження, в запровадженні нової технології, методики, пристрою у виробництво, або запропонуванні нового методу чи теорії у випадку теоретичної розробки наукової теми дослідження, що відзначає престиж вітчизняної науки. Таким чином, основними вимогами при виборі наукового напрямку чи теми дослідження являються: актуальність, наукова новизна та практична цінність! Кожний науковий колектив (ЗВО, НДІ, відділ, кафедра) мають свій науковий напрям (профіль), який склався традиційно, кваліфікацію працівників у вибраній галузі науки, компетентність, що сприяє накопиченню досвіду при проведенні досліджень, підвищує теоретичний рівень та якість наукових досліджень. В багатьох випадках при виборі теми дослідження виникає потреба вибрати найбільш перспективну, економічно обґрунтовану тему дослідження. В такому випадку необхідно провести оцінку ефективності пропонованих тем численними критеріями.

Приклади проведення оцінки економічної ефективності наукової теми дано в темі.

Етапи науково-дослідної роботи. Науково-дослідна робота виконується у певній послідовності:

Спочатку формулюється тема дослідження, яка є результатом загального ознайомлення з проблемою, в рамках якої треба буде виконати дослідження. При цьому розробляється основний вихідний передплановий документ – техніко-економічне обґрунтування теми (ТЕО). Тільки при наявності такого обґрунтування можливе подальше планування та фінансування теми замовником. У першому розділі ТЕО вказуються причини даної розробки (теми), приводиться короткий літературний огляд по вибраній темі, де вказується сучасний стан проблеми та раніше отримані

результати, а також підкреслюються ще не вирішені питання. Сюди входять патентна проробка теми та визначається доцільність закупки ліцензій. На стадії складання ТЕО встановлюється область використання отриманих результатів, можливість їх реалізації в певній галузі науки і техніки, визначається потенціальний економічний ефект від впровадження НДР, тощо. В результаті складання ТЕО робиться висновок про доцільність і необхідність виконання науково-дослідної роботи. Розроблене ТЕО затверджується галузевим міністерством (для вузів Міністерством освіти і науки України).

Після затвердження ТЕО конкретизуються цілі та задачі дослідження, вибираються методи дослідження (експериментальні, теоретичні тощо.). Метою теоретичних досліджень являється вивчення фізичної суті досліджуваного об'єкта, створюється фізична, хімічна модель предмета або процесу, розробляється математична модель і аналізуються отримані таким чином попередні результати. Перед проведенням експериментальних досліджень ставляться конкретні задачі, вибираються методики та програми експерименту. Ефективність експерименту суттєво залежить від вибору засобів вимірювання (від приладів). При цьому треба мати на увазі, що при розв'язку визначених задач необхідно використовувати методики та інструкції ДСТУ.

Після вибору методик дослідження складається робочий план, де вказано строки дослідження, об'єм експериментальних робіт на кожному етапі, строки виконання, авторів виконання тощо.

Після завершення теоретичних та експериментальних досліджень проводиться аналіз отриманих результатів, співставляються отримані експериментальні результати з теоретично обґрунтованими, уточнюється модель, при необхідності проводяться додаткові експерименти. На завершення цього етапу формулюються наукові та виробничі висновки і складається науково-технічний звіт згідно з вимогами ДСТУ.

Останнім етапом розробки наукової теми є впровадження результатів дослідження у виробництво. Цей процес надзвичайно важкий, трудомісткий і може тривати декілька років. Він залежить не тільки від зусиль науковців, але і від цілої низки інших факторів, таких як зацікавленість споживача результатів НДР, фінансування, забезпечення обладнанням, підготовленими кадрами, тощо. Впровадження завершується оформленням акту економічної ефективності результатів дослідження.

## **Запитання до теми 2**

1. Актуальність, мета, об'єкт та предмет наукового дослідження.
2. Наукова новизна та практична цінність дослідження.

3. Класифікація наукових досліджень: по зв'язку з народним господарством, цільовим призначенням, джерелу фінансування, тривалістю дослідження.

4. Структура наукового напрямку дослідження.

5. Що досліджує загальна методологія науки ?

6. Етапи проведення наукового дослідження.

7. Польові експедиційні наукові дослідження та їхні етапи.

8. Що таке методологія наукових досліджень ?

## ТЕМА 3 ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Структура та класифікація наукових досліджень

Метою теоретичних досліджень є з'ясування в процесі синтезу знань істотних зв'язків між досліджуваним об'єктом і зовнішнім середовищем, пояснення й узагальнення результатів експериментальних досліджень та виявлення загальних закономірностей з їх наступною формалізацією .

Теоретичне дослідження завершується розробленням теорії, що не обов'язково пов'язана із побудовою її математичного апарату. Теорія проходить у своєму розвитку різні стадії – від якісного пояснення і кількісного вимірювання процесів до їх формалізації – і може бути представлена як у вигляді правил, так і у вигляді математичних рівнянь.

Основні завдання теоретичних досліджень: узагальнення результатів дослідження, виявлення загальних закономірностей шляхом оброблення та інтерпретації дослідних даних; поширення результатів дослідження на низку подібних об'єктів без повторення всього обсягу досліджень; підвищення надійності експериментального дослідження об'єкта (пояснення параметрів і умов спостереження, точності вимірювань). Теоретичні дослідження передбачають такі етапи виконання: аналіз фізичної суті процесів, явищ; формулювання гіпотези дослідження; побудова (розробка) фізичної моделі; проведення математичного дослідження; аналіз теоретичних рішень; формулювання висновків. Якщо не вдається виконати математичне дослідження, то формулюється математичне дослідження в словесній формі з використанням графіків, таблиць тощо. У технічних науках необхідно прагнути до застосування математичної формалізації висунутих гіпотез і висновків.

Процес виконання теоретичних досліджень складається із декількох етапів. Перший етап – оперативна, яка включає перевірку можливостей усунення технічних суперечностей, оцінку вірогідних змін у середовищі, що оточує об'єкт, аналіз можливості переносу вирішення завдання з інших галузей знань, застосування «зворотного» рішення. Другий етап – синтезна, в процесі якої визначається вплив зміни однієї частини об'єкта на побудову інших його

частин, а також необхідні зміни тих об'єктів, що працюють разом із цим об'єктом. Оцінюються можливості застосування зміненого об'єкта в нових умовах та знайденої технічної ідеї для розв'язання інших задач.

Виконання перших двох етапів дає можливість приступити до стадії визначення завдання, у процесі якого визначається кінцева мета розв'язання завдання, перевіряється можливість досягнення тієї ж мети іншими (можливо, більш простими) шляхами, обирається найефективніший спосіб розв'язання завдання та визначаються потрібні кількісні показники. Після цього, за необхідності, уточнюються вимоги до конкретних умов практичної реалізації одержаного розв'язку завдання. Аналітичний етап включає визначення ідеального кінцевого результату; виявляються перешкоди, які заважають отримати ідеальний результат, та їх причини; визначаються умови, які забезпечують отримання ідеального результату з метою виявлення, за яких умов зникне «перешкода».

Вирішення завдання є найважливішою частиною теоретичних досліджень. Розв'язання теоретичних завдань повинно носити творчий характер. Творчі рішення – це, по суті, розрив звичних уявлень і погляд на явище з іншої точки зору. Необхідно підкреслити, що власні творчі думки (оригінальні рішення) виникають частіше тоді, коли більше сил, праці, часу витрачається на постійне обдумування шляхів розв'язання теоретичного завдання, чим глибше науковець займається дослідницькою роботою. Окрім наведених вище методів, часто використовують й інші, логічні методи і правила, які мають нормативний характер. До них належать правила висновку, утворення складних понять із простих тощо. Спеціальними принципами побудови теорій слугують також принципи формування аксіоматичних теорій, критерії несуперечності, повноти і незалежності систем, аксіом та гіпотез тощо.

### 3.2 Послідовність проведення теоретичних досліджень

До основних загальнонаукових методів, які використовуються на теоретичному рівні дослідження, можуть бути віднесені методи: аналізу та синтезу, індукції і дедукції, сходження від абстрактного до конкретного, ідеалізації та формалізації, аксіоматичний метод, системний підхід.

**Аналіз** – метод наукового дослідження шляхом розкладання предмета на складові, тоді як **синтез** – це поєднання отриманих під час аналізу частин у ціле. Методи аналізу та синтезу в науковій творчості органічно пов'язані між собою і можуть набувати різних форм залежно від властивостей досліджуваного об'єкта, мети дослідження, ступеня пізнання об'єкта, глибини проникнення в його сутність.

Метод сходження від абстрактного до конкретного є загальною формою руху наукового пізнання – це відображення дійсності в мислені. Згідно з цим методом процес пізнання ніби розпадається на два відносно самостійні етапи:

перший етап – від чуттєво-конкретного до його абстрактних визначень; другий етап – від абстрактних визначень об'єкта до конкретного у пізнанні.

Дедуктивною називають таку розумову конструкцію, в якій висновок щодо якогось елементу множини робиться на підставі знання загальних властивостей всієї множини. Змістом дедукції як методу пізнання є використання загальних наукових положень при дослідженні конкретних явищ. Під індукцією розуміють перехід від часткового до загального, коли на підставі знання про частину предметів класу робиться висновок стосовно класу в цілому.

Дедукція та індукція – взаємно протилежні методи пізнання. Метод ідеалізації – конструювання подумки об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні. Мета ідеалізації: позбавити реальні об'єкти деяких притаманних їм властивостей і наділити (подумки) ці об'єкти певними нереальними і гіпотетичними властивостями. Формалізація – метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі. Вона забезпечує узагальненість підходу до вирішення проблем; символіка надає стислості та чіткості фіксації значень; однозначність символіки; діє змогу формувати знакові моделі об'єктів і замінювати вивчення реальних речей і процесів вивчення цих моделей.

Аксіоматичний метод – метод побудови наукової теорії, за якою деякі твердження приймаються без доведень, а всі інші знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил. Системний аналіз – вивчення об'єкта дослідження як сукупності елементів, що утворюють систему. У наукових дослідженнях він передбачає оцінку поведінки об'єкта як системи з усіма факторами, які впливають на його функціонування [65, с. 33]. Виконати теоретичні дослідження означає спробувати розв'язати поставлене завдання теоретичним шляхом.

Отже, в багатьох випадках виконання теоретичних досліджень зводиться до складання і розв'язання математичного завдання, що базується на конкретних фізичних законах змінювання процесів і явищ. Із цієї точки зору фізичні закони можна розділити на дві групи: закони збереження (енергії, заряду, імпульсу тощо.); закони руху (механічного, електричного, теплового тощо.). На підставі законів статички (першої групи) складаються рівняння балансу, а на підставі законів другої групи – рівняння руху, тобто динаміки, які описуються диференціальними рівняннями. Математична підготовка спеціаліста, який хоче самостійно виконувати теоретичні дослідження технічних процесів, повинна бути досить високою. Окрім класичних розділів математичного аналізу для дослідження процесів часто застосовують сучасні розділи математики, лінійне, нелінійне, динамічне програмування, теорію гри і статистичних розв'язків, теорію масового обслуговування, метод кінцевих елементів, теорію катастроф тощо. У найскладніших випадках, коли процеси дослідження та їх результати залежать від великого числа факторів, які складно взаємодіють між собою, аналітичні методи взагалі неприйнятні. Тоді

застосовують метод статистичного моделювання (Монте-Карло). Ідея цього методу полягає у тому, що процес дослідження відтворюється на ЕОМ з усіма випадковостями, що його супроводжують. Метод статистичного моделювання, відомий під назвою «метод Монте-Карло», – це числовий метод розв’язування математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин. Навіть деякі задачі статистики іноді розраховували за допомогою випадкових вибірок, тобто фактично «методом Монте-Карло».

### 3.3 Сучасні методи теоретичних досліджень

До основних загальнонаукових методів, які використовуються на теоретичному рівні дослідження, можна віднести розглянуті вище (у темі 1-2) методи: *аналізу та синтезу, індукції і дедукції, сходження від абстрактного до конкретного, ідеалізації та формалізації, системний підхід*.

При розробленні теорій поряд з цими методами використовуються й інші методи. Так, значну роль при побудові будь-яких теорій відіграють, наприклад, *логічні закони*, що мають нормативний характер. До цих законів відносять: *закон тотожності, закон протиріччя, закон виключення третього та закон достатньої підстави*.

*Закон тотожності* визначає, що предмет думки в межах одного міркування повинен лишатися незмінним  $A \in A$  ( $A = A$ ), де  $A$  – це думка.

Цей закон передбачав, що у повідомленні всі поняття і судження мають одне значення, виключається багатозначність і невизначеність.

Згідно із *законом протиріччя* не можуть бути одночасно істинними два висновки, один з яких щось стверджує, а другий заперечує те саме. Закон стверджує: «неправильно, що  $A$  і не  $A$  одночасно істинні».

Основою закону протиріччя є якісна визначеність речей і явищ, відносна стійкість їх властивостей. Свідоме використання цього закону допомагає виявити і ліквідувати протиріччя в поясненні фактів і явищ, виробити критичне ставлення до будь-якого роду неточностей і непослідовностей в отриманій інформації.

*Закон виключення третього* стверджує, що з двох суперечливих суджень одне помилкове, а друге істинне. Третього не дано. Він виражається формулою: « $A$  є або  $B$ , або не  $B$ ». Наприклад, якщо правильним є судження «Наш університет є державним навчальним закладом», то судження «Наш університет не є державним навчальним закладом» – помилкове.

Вимогу доказовості наукових висновків, обґрунтованості суджень виражає *закон достатньої підстави*, який формулюється таким чином: будь-яка слушна думка дає достатньо підстав для свого обґрунтування.

Спеціальними принципами побудови теорій слугують також *принципи формування аксіоматичних теорій* (тобто теорій, які побудовані на деякій множині тверджень, що приймаються без доведень, – аксіом, а всі інші

знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил), що базуються на критеріях несуперечності, повноти та незалежності систем аксіом та гіпотез.

Вирішення наукових завдань за допомогою математичних методів здійснюється шляхом математичного формулювання завдання (розроблення математичної моделі), вибору методу дослідження одержаної математичної моделі, аналізу одержаного математичного результату.

**Математичне формулювання завдання**, зазвичай, подається у вигляді чисел, геометричних образів, функцій, систем рівнянь тощо.

**Математична модель** є системою математичних співвідношень – формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь, що описують ті або інші сторони об'єкта, який вивчається, явища, процесу.

Вибір методу дослідження математичної моделі багато в чому визначається її видом. Статичні системи, що представлені за допомогою алгебраїчних рівнянь, досліджуються за допомогою визначників, методу ітерацій, методів Крамера і Гауса. У разі труднощів з аналітичними рішеннями використовуються приблизні методи: графічний метод; метод хорд; метод дотичних.

Дослідження динамічних режимів функціонування об'єкта, що представлені за допомогою диференціальних рівнянь, також визначається класом, до якого належать ці рівняння. Для розв'язання диференціальних рівнянь використовують такі методи: метод поділу змінних; метод підстановки; метод інтегруючого множника; метод якісного аналізу тощо. Для одержання приблизних рішень використовують метод послідовних наближень, метод функціональних рядів; метод Рунге – Кути; числові методи інтегрування тощо.

### **Запитання до теми 3**

1. Назвіть види завдань теоретичних досліджень.
2. Назвіть послідовність етапів виконання теоретичних досліджень.
3. Якого є мета теоретичних досліджень?
4. Назвіть сучасні методи теоретичних досліджень.
5. Назвіть і охарактеризуйте основні етапи виконання процесу теоретичних досліджень.
6. Поясніть суть методу статистичного моделювання.
7. У чому полягає суть методу Монте-Карло і для чого його застосовують?
8. Наведіть основні переваги методу формалізації.
9. Які основні завдання реалізуються в процесі експериментального дослідження.
10. Визначте можливості застосування логічних законів і правил в межах психологічних досліджень.

11. Охарактеризуйте принцип репрезентативності фактичного матеріалу.

12. Завдяки чому досягається мета методу ідеалізації?

## **ТЕМА 4 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД, ЙОГО МІСЦЕ ТА РОЛЬ У НАУКОВОМУ ПІЗНАННІ**

### **4.1 Поняття системи та її властивості**

Система – це сукупність елементів, які певним чином взаємопов’язані, утворюють цілісність, а також взаємодіють між собою для виконання заданих цільових функцій. Система утворює особливу єдність з середовищем та є елементом «надсистеми». Зі свого боку й елементи системи можна розглядати як системи, якщо визначити інший критерій декомпозиції.

Елемент – це межа членування систем із погляду конкретного аспекту розгляду системи, вирішення конкретного завдання, досягнення поставленої мети. Систему можна розчленовувати на елементи різними способами залежно від формулювання завдання, мети і її уточнення в процесі системного аналізу. Сукупність  $n$  ізольованих елементів ще не є системою. Для їх вивчення можна провести не більше  $n$  дослідних процедур. В цей же час: для дослідження системи із  $n$  взаємозв’язаних елементів, необхідно вивчити  $n(n-1)$  зв’язків.

Способи опису систем різноманітні описи системи відображають певні групи їх властивостей і дозволяють виявити впорядкованість, структурованість і функціональну організованість системи. Будь-яка система або об’єкт передусім цікаві своїм призначенням, місцем, яке вони займають серед інших систем і об’єктів в навколишньому світі, своєю функцією. Тому для характеристики системи передусім повинен бути одержаний функціональний опис (далі -ФО), який дозволяє оцінити призначення системи, її відношення до інших систем, її контакти з навколишнім світом, напрями можливих функціональних змін. Функціональний опис пов’язує зовнішні впливи на систему з її реакцією, відповіддю, поведінкою, дією на елементи системи. ФО може задаватися деяким оператором в алгебраїчній, логічній, диференціальній, інтегральнодиференціальній формі, який входить в скалярне, векторне або матричне рівняння. Оператор складається На підставі вимірювання зовнішніх характеристик (принцип чорного ящика: вивчення зв'язку – вплив – реакція) або На підставі знань про будову системи. ФО виходить із цільових функцій системи. Подіслідовність дій при виконанні системою деякої функції відображає зміст закону поведінки, яка залежить від

процесів, які протікають від процесів, які протікають в середині системи (закони внутрішньої поведінки), і від процесів, в які залучена вся система в рамках метасистеми (закони зовнішньої поведінки). Кожна підсистема сама містить набір елементів, що виконують свої частки функції, тому закони внутрішнього функціонування системи одночасно є законами зовнішнього функціонування для будь-якої підсистеми цієї системи – закони зовнішнього функціонування першого нижнього рівня. Уявлення про будову системи дає її морфологічний опис (далі -МО), що дозволяє видокремити основні елементи, зв'язки, визначити тип структури. Можливими є три варіанти представлення морфологічного опису: з позицій теоретико-множинного підходу, у вигляді структури та у вигляді відповідної матриці суміжностей.

## 4.2 Класифікація систем

Класифікацію систем виконують, як правило, за ієрархічним принципом. Ієрархічний принцип класифікації означає, що існує декілька рівнів класифікації і вони розміщені один вище за іншим. Наприклад, поділ систем на природні, штучні й змішані є загальним і оскільки він не завжди задовольняє потреби аналізу, то вводять наступний, більш низький рівень класифікації. Тому на другому рівні деталізують системи кожної групи. Як правило, верхні рівні класифікації повинні бути замкненими й охоплювати всі існуючі системи. Нижній рівень може бути і незакінченим. Це зумовлюється цілями класифікації і її постійним розвитком. При розвитку поглиблюються знання про предмет класифікації, відбувається диференціація класів і підкласів.

Необхідно зауважити, що будь-яка класифікація завжди має абсолютну й відносну сторони. Абсолютна сторона означає, що система, віднесена до певного класу систем, має ті самі характеристики, що й інші системи даного класу, і підпорядковується тим самим закономірностям. Відносність класифікації полягає в тому, що, крім чітко визначеного поділу, існують системи, які займають проміжне місце. Відносність означає також те, що система може бути віднесена до однієї чи іншої групи залежно від того, з якої точки зору ми розглядаємо систему, які властивості системи нас цікавлять під час аналізу, які проблеми ми вирішуємо за допомогою даної системи. Втім будь-яка класифікація завжди є відотною, служить певним цілям, до кожного із класів систем входить безліч різноманітних систем, що різняться великою сукупністю характеристик.

Класифікацію виконують за класифікаційними ознаками. Класифікаційними ознаками є ті ознаки, які, на думку того, хто виконує класифікацію, є визначальними для даного класу об'єктів. Поняття «система» охоплює всі об'єкти навколишнього світу, тому існує велика різноманітність класифікацій систем за різними ознаками. Кожна класифікація виконується спеціалістами, які займаються певним колом проблем, і відображає підхід до

проблеми класифікації з точки зору саме цих спеціалістів. Тому єдиної класифікації систем на сьогодні немає і навряд чи вона можлива.

За матеріалом, з якого створені системи, розрізняють *матеріальні* й *абстрактні* (ідеальні) системи.

*Матеріальні системи* – це системи, утворені засобами матеріального світу. Системи неживої природи (природні утворення: атоми, молекули, астрономічні об'єкти, хімічні сполуки та системи, створені людиною), системи живої природи (біологічні організми, популяції, екосистеми) та соціальні системи (етнос, нація, держава, партії тощо).

Матеріальні системи можуть бути створені людьми або природними утвореннями, які існують незалежно від людини. Перші системи називають штучними, другі природними. Проміжне положення займають змішані системи.

*Абстрактні* (ідеальні) системи – це системи, створені нашим мисленням, продукти розумової діяльності. До них належать мови, знакові системи, наукові й релігійні теорії тощо.

За походженням системи поділяють на штучні, природні, змішані.

*Штучні* – це системи, створені людьми, природні – системи, створені самою природою, існують у природі незалежно від свідомості людини, від її діяльності. Змішані системи створені людиною, але в них важливу роль відіграє природна частина. Штучні системи, створені людиною і мають певну об'єктивну мету свого існування, для якої вони створені.

Під час розгляду природних систем виникають певні ускладнення. Для природних систем важко сформулювати мету існування. Питання цілей у класифікації систем за походженням потребує детального розгляду.

До визначення системи, яке ми розглядали раніше, не входить поняття мети, проте серед ознак системи важливою ознакою є цілеспрямованість, тобто наявність цілей чи їх сукупності. Оскільки штучні системи створені людиною, то вони мають конкретну мету, для якої їх створили. Визначити цю мету не важко. Але коли ми розглядаємо природні утворення, то на запитання про мету відповісти дуже важко.

У повсякденній практиці наведені вище природні утворення прийнято вважати системами – система атома, Сонячна система, організм як система. Можливо, якби ми розглядали світ із точки зору «творця світу», ми могли б визначити цілі, для яких створені вищезазначені природні утворення. Однак наука відрізняється від релігії тим, що всі пояснення природних явищ, існування природних об'єктів здійснюються на підставі об'єктивно існуючих закономірностей, що не потребують наявності надприродних сил. Таким виходом є введення поняття об'єктивних й суб'єктивних цілей.

*Суб'єктивна мета* – це мета, сформована певним суб'єктом, який створив систему. Суб'єктивні цілі визначаються для штучних систем. Для природних систем імовірно вважається наявність об'єктивних цілей. Наявність об'єктивних цілей можна пояснити таким чином, що коли ми приходимо у світ,

де цілі, для яких система створена, вже реалізовані, то існування системи ми повинні визнати об'єктивним, а цілі, для яких ці системи створювалися й існують, – об'єктивними цілями. У такому разі ми можемо вважати об'єктивними цілями майбутній або теперішній реальний стан системи, якого вона досягає у своєму життєвому циклі. Введення об'єктивних цілей дозволяє визначити цілі природних утворень і, відповідно до наших ознак, вважати їх системами.

*Змішані* системи – це системи природного походження, що перетворені людиною для задоволення певних потреб, або системи, створені людиною, в яких значною мірою використовуються елементи природних систем, наприклад заповідник, ліспромгосп, канал, парк культури, штучний супутник Землі тощо. Для змішаних систем існують об'єктивна й суб'єктивна цілі. На верхньому рівні, як правило, – суб'єктивні цілі, на нижньому – об'єктивні.

Оскільки поділ систем на *природні*, *штучні* й *змішані* є досить загальним, то необхідно ввести такий рівень класифікації. Так, природні системи класифікують як неживі системи, живі організми, соціальні системи, екологічні системи тощо. Екологічні системи ввели в класифікацію, враховуючи їх великий вплив на життя та діяльність людини і тому, що системний аналіз у наш час багато уваги приділяє вивченню екологічних систем.

Під час розгляду ознак систем було помічено, що однією з головних ознак є наявність взаємодії з навколишнім середовищем. Залежно від інтенсивності взаємодії системи поділяють на відкриті й закриті (замкнені, ізольовані). Для замкненої системи виконується закон збільшення ентропії. Поняття ентропії вперше було введено у розділі фізики – термодинаміці – під час вивчення теплових процесів у системах. Пізніше це поняття було уточнене й розширене. Під час вивчення інформаційних систем і подальшого розвитку науки стало зрозумілим, що поняття ентропії має загальний характер і визначає напрямок розвитку складних систем. Цей напрямок такий, що у замкненій системі ентропія може лише збільшуватись.

Ентропія – це міра безладу, невпорядкованості системи. Всі процеси у замкнених системах відбуваються так, що невпорядкованість, дифузність, хаотичність системи лише збільшується. Наприклад, тепло завжди передається від більш нагрітих тіл до менш нагрітих і розподіл температури в системі вирівнюється, декілька розділених газів в одному об'ємі після усунення межі завжди перемішуються, рідина випаровується і т. п. Ентропія максимальна у системах, де більше хаосу, безпорядку. Відповідно до закону збільшення ентропії відбувається старіння живих організмів, руйнування будівель, руйнування гір і вирівнювання земної поверхні, остигання Сонця і загибель зоряних систем. У системі, в якій ентропія має найбільшу величину, припиняються будь-які спрямовані процеси обміну речовиною, енергією, інформацією. Збільшення ентропії призводить до стихійного хаосу. Відповідно до цього, наприклад, замкнений Всесвіт чекає «теплова смерть», будь-які

замкнені системи рано чи пізно гинуть. У відкритих системах унаслідок взаємодії з навколишнім середовищем, відбуваються процеси, що приводять до зменшення ентропії, до зростання упорядкованості системи. Інтенсивність взаємодії систем може змінюватися в широких межах: від слабкої, майже непомітної, до дуже сильної.

*Відкриті* – це системи, які в процесі своєї діяльності обмінюються із середовищем матерією, енергією, інформацією.

*Закриті* (замкнені, ізольовані) – це системи, в яких процеси обміну з навколишнім середовищем відсутні. Ці системи підпорядковані другому закону термодинаміки, закону збільшення ентропії.

Складність систем є важливою характеристикою, яку необхідно враховувати під час аналізу. Складність систем може бути структурною або функціональною. Структурна складність полягає у наявності великої кількості елементів і їх взаємозв'язку. Функціональна складність виражається в наявності багатьох взаємозв'язків і взаємозалежностей.

Ці зв'язки можуть бути внутрішніми (між елементами системи) й зовнішніми (між системою та метасистемою).

Принципи системного підходу. Принципи системного підходу – це загальні положення, що відображають відношення, абстраговані від конкретного змісту наукових і прикладних проблем. Для вирішення конкретної наукової проблеми або проблемної ситуації принципи системного підходу повинні конкретизуватися, причому конкретизація визначається об'єктом і предметом наукового дослідження. У дослідженні складних систем необхідно виявити суттєві особливості проблеми, врахувати найважливіші взаємозв'язки. На підставі інтерпретації системних принципів до конкретних умов, що дає змогу досліднику піднятися на вищий рівень розуміння системи загалом, вийти за межі її розгляду «зсередини».

Адекватне застосування принципів системного підходу при дослідженні різних систем сприяє розвитку у дослідника особливого, системного типу мислення [4]. У науковій літературі до основних принципів системного підходу пропонується віднести [6]: – принцип остаточної (глобальної, генеральної) мети – функціонування та розвиток системи і всіх її складових повинні спрямовуватися на досягнення певної глобальної (генеральної) мети. Усі зміни, вдосконалення та управління системою потрібно оцінювати з цієї точки зору; принцип єдності, зв'язаності і модульності – система розглядається «ззовні» як єдине ціле (принцип єдності), водночас необхідний «погляд зсередини», дослідження окремих взаємодіючих складових (принцип зв'язаності). Принцип модульності передбачає розгляд замість складових системи її входів і виходів, тобто абстрагування від зайвої деталізації за умови збереження можливості адекватного описання системи; принцип ієрархії – виявлення або створення у системі ієрархічних зв'язків, модулів, цілей. В ієрархічних системах дослідження, як правило, розпочинається з «вищих» рівнів ієрархії, а в разі її

відсутності дослідник повинен чітко визначити, в якій послідовності розглядатимуться складові системи та напрямок конкретизації уявлень; принцип функціональності – структура системи тісно пов'язана та обумовлюється її функціями; отже, створювати та досліджувати систему необхідно після визначення її функцій. У разі появи нових функцій системи доцільно змінювати її структуру, а не намагатися «прив'язати» цю функцію до старої структури; – принцип розвитку – здатність до вдосконалення, розвитку системи за умови збереження певних якісних властивостей. При створенні та дослідженні штучних систем межі розширення функцій системи та її модернізації повинні визначатись їхньою доцільністю.

Здатність до розвитку штучних систем визначається наявністю таких властивостей, як самонавчання, самоорганізація, штучний інтелект; – принцип децентралізації – розумний компроміс між повною централізацією системи та здатністю реагувати на вплив зовнішнього середовища окремими частинами системи. Співвідношення між централізацією та децентралізацією визначається метою та призначенням системи.

Повністю централізована система є негнучкою, неспроможною швидко реагувати і пристосовуватися до змінних умов; – принцип невизначеності – у більшості випадків досліджується система, про яку не все відомо, поведінка якої не завжди зрозуміла, невідома її структура, непередбачуваний перебіг процесів, невідомі зовнішні впливи тощо. Частковим випадком невизначеності є випадковість, коли певна подія може відбутись, а може й не відбутись.

### **4.3 Суть системного аналізу та його предмет**

У процесі системного аналізу створюється абстрактна концептуальна система, котра описується за допомогою символів або інших засобів і є певною структурно-логічною конструкцією, мета якої – слугувати інструментом для розуміння, опису та більш повної оптимізації поведінки реальної системи, зв'язків відношень її елементів. Такою абстрактною системою може бути математична, комп'ютерна, словесна (вербальна) модель або система моделей. Отже, системний аналіз – це методологія дослідження таких властивостей і відношень в об'єктах, які складно спостерігати і важко розуміти за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді систем, і вивчення їх властивостей і зв'язків відношень між цілями та засобами їх реалізації. Термін «системний аналіз» переважно використовується для характеристики процедури проведення системного дослідження, що полягає в розчленуванні проблеми на її складові, які доступніші для вирішення, у використанні адекватних спеціальних методів для розв'язання окремих підпроблем і, зрештою, в об'єднанні часткових рішень таким чином, щоб проблема була вирішена загалом. Отже, системний аналіз передбачає не лише органічне поєднання аналітичного розчленування проблеми на частини та дослідження зв'язків відношень між цими частинами, а й передбачає розгляд цілей і завдань, загальних для усіх частин, потім відповідно

до одержаних результатів – здійснення синтезу загального рішення із частковими рішеннями. Систему в загальному розумінні можна розглядати як спосіб розв’язання певної проблеми, тобто як сукупність усіх необхідних знань, інформації, матеріальних засобів і способів їх використання, організації діяльності людей, що спрямована на розв’язання проблеми. Системний аналіз призначений для правильного вибору системного інструментарію з метою розв’язання поставленої проблеми. Оскільки мета системи формується, як правило, в загальних термінах, її необхідно конкретизувати і довести через послідовні рівні до конкретних критеріїв і показників. Таким чином, декомпозиція мети – одне з призначень системного аналізу. Для досягнення мети можуть використовуватися різноманітні засоби з різних сфер діяльності людини, виникає необхідність відокремлення єдиного методу для відбору засобів її досягнення, що відповідають визначеним критеріям, тому ще одне призначення системного аналізу – встановлення критеріїв відбору засобів для досягнення мети [6]. Після визначення цих засобів та способів дій приймаються багатоваріантні рішення. Отже, обґрунтування вибору рішення – важливе завдання системного аналізу. Системний аналіз базується на таких методологічних принципах: органічна єдність об’єктивного та суб’єктивного в процесі наукового дослідження; структурність системи, що визначає цілісність і стійкість її характеристик; динамізм системи; міждисциплінарний характер системних досліджень; органічна єдність формального та неформального при проведенні аналізу. Системний аналіз застосовується для розв’язання складних проблем, пов’язаних з діяльністю людей. Він не протиставляється іншим методам аналізу проблем і прийняття рішень, але відрізняється синтезом в єдиній методології взаємопов’язаних понять, методів і прийомів, які раніше використовувалися відокремлено при розв’язанні часткових проблем.

Розглянемо детальніше основні властивості системи. Загальність та абстрактність. Як система, можуть розглядатися всі без винятку об’єкти, предмети, явища, процеси незалежно від їх природи. Множинність. Одна і та сама сукупність елементів може утворювати різні системи, кожна з яких визначається конкретними системотвірними відношеннями та властивостями. Цілісність і подільність. Система є передусім цілісною сукупністю елементів. Це означає, що, з одного боку, система – це цілісне утворення, а з іншого – в її складі чітко можна видокремити цілісні об’єкти (елементи). Однак не компоненти утворюють ціле (систему), а, навпаки, – при поділі цілого виявляють компоненти системи. Отже, первинність цілого – це головний постулат теорії системи. Систему можна розглядати як підсистему системи вищого рівня, і, навпаки, – підсистему можна розглядати, як систему зі своєю структурою, функціями, зв’язками між елементами. Неадитивність системи (емерджентність). Властивості системи хоча і залежать від властивостей її елементів, але не визначаються ними повністю. Функціонування системи не

можна бути зводити до функціонування окремих її компонентів. Сукупне функціонування взаємозв'язаних елементів системи породжує якісно нові її функціональні властивості. Звідси випливає важливий висновок: система не зводиться до простої сукупності елементів, тому, розділяючи її на частини, досліджуючи кожну з них окремо, неможливо пізнати всі властивості системи загалом. Цю властивість ще називають системною або інтегративною. Емерджентність є результатом виникнення між елементами системи так званих синергічних зв'язків, які забезпечують більший загальний ефект функціонування системи, ніж сума ефектів елементів системи, що діють незалежно. Синергетика (від грец. synergetikos – спільний, погоджений, діючий) науковий напрям, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), які утворюються у відкритих системах (біологічних, фізикохімічних, економічних, соціальних тощо.) завдяки інтенсивному (потоківому) обміну речовинами й енергією з навколишнім середовищем за нерівноважних умов. У складних системах спостерігається погоджена поведінка підсистем, у результаті чого зростає рівень її впорядкованості (явище самоорганізації), тобто зменшується ентропія. Це, зокрема, стосується економічних і соціальних систем. Результатом самоорганізації стає виникнення взаємодії (наприклад, кооперація) і, можливо, регенерація динамічних об'єктів (підсистем), складніших в інформаційному аспекті, ніж елементи (об'єкти) середовища, з яких вони виникають [21]. Ієрархічність системи – це складність і багаторівневність структури системи, яка характеризується такими показниками: кількістю рівнів ієрархії побудови та управління системою, різноманіття компонентів і зв'язків, складність поведінки та не адитивність властивостей, складність опису й управління системою, кількість параметрів і необхідний обсяг інформації для управління системою. Ієрархічність системи полягає також у тому, що систему можна розглядати як елемент системи вищого порядку (надсистеми), а її елементи – як системи нижчого порядку. Взаємозалежність між системою та зовнішнім середовищем. Система формує та проявляє свої властивості при взаємодії із зовнішнім середовищем. Вона розвивається під впливом зовнішнього середовища, але при цьому намагається зберегти власну якісну визначеність і властивості, що забезпечують відносну стійкість її функціонування. Рівень самостійності і відкритості системи визначається такими показниками: кількістю зв'язків системи із зовнішнім середовищем у середньому на один її елемент чи інший параметр; інтенсивністю обміну інформацією чи ресурсами між системою та зовнішнім середовищем; ступенем впливу інших систем. Цілеспрямованість системи означає наявність у неї цілі (цілей) функціонування і розвитку. При цьому цілі характеризуються власною структурою та ієрархією. Надійність системи (наприклад, організації) характеризується, зокрема: безперебійністю функціонування системи при виході з ладу одного з компонентів; фінансовою стійкістю і платоспроможністю організації; перспективністю запровадженої економічної, технічної, соціальної

політики. Розмірність системи характеризується кількістю компонентів системи та зв'язків між ними, що також свідчить про складність системи.

#### **Запитання до теми 4**

1. Що таке система?
2. Що таке елемент системи?
3. Що таке декомпозиція?
4. Охарактеризуйте функціональний опис системи.
5. Охарактеризуйте морфологічний опис системи.
6. Охарактеризуйте інформаційний опис системи.
7. Що таке структура? Які види ієрархічних структур вам відомі?  
Додайте характеристики кожному з них.
8. Як представити структуру у вигляді графа?
9. Що таке матриця суміжностей та вкажіть особливості її побудови?
10. У чому полягає суть категорії «система»?
11. Які основні особливості і характерні ознаки системи?
12. Аналіз властивостей систем.
13. Класифікаційні ознаки систем.
14. Взаємодія та зв'язки. Класифікація зв'язків.
15. Внутрішня архітектура системи, її склад і структура.
16. Що таке ієрархія системи, підсистема і надсистема?

### **ТЕМА 5 ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА АНАЛІЗ ЙОГО РЕЗУЛЬТАТІВ**

#### **5.1 Методологія експерименту**

Щодо наукового дослідження метод визначається, як сукупність визначених правил, прийомів, способів і норм пізнання певного суб'єкта чи явища.

У сучасному наукознавстві успішно працює використовуються методологічна класифікація методів наукового пізнання, згідно з якою за ступенем спільності та сферою дії методи наукового пізнання поділяються на загальні філософські, загальнонаукові, окремо наукові, дисциплінарні та міждисциплінарні методи дослідження.

**Загальні методи** – це система принципів, прийомів, що мають загальний, універсальний характер, є абстрактними, суворо не регламентовані, не піддаються формалізації та математизації і не замінюють спеціальних методів (методів окремих наук).

**Методи окремих наук** – це сукупність способів та принципів пізнання, прийомів і процедур дослідження, що застосовуються в тій чи іншій науці.

Загальнонаукові методи дослідження можна класифікувати залежно від рівнів пізнання – емпіричного або теоретичного, на яких вони (методи) застосовуються.

До основних методів, які використовуються на емпіричному рівні дослідження, можуть бути віднесені спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент, абстрагування, аналіз і синтез.

**Спостереження** – цілеспрямоване вивчення предметів, що спирається в основному на дані органів чуття (відчуття, сприйняття, уявлення). У процесі спостереження одержують відомості не тільки про зовнішні сторони об'єкта пізнання, але і як кінцева мета, про його істотні властивості і відношення.

Основні вимоги до наукового спостереження такі: однозначність задуму; наявність системи методів і прийомів; об'єктивність – можливість контролю шляхом повторного спостереження або за допомогою інших методів (наприклад, експерименту). Зазвичай спостереження включається як складова частина, у процедуру експерименту. Важливим моментом спостереження є інтерпретація його результатів – розшифрування показів приладів кривою на осцилографі, на електрокардіограмі тощо.

Пізнавальним підсумком спостереження є опис – фіксація засобами природної і штучної мови початкових відомостей про об'єкт, що вивчається: схеми, графіки, діаграми, таблиці, рисунки тощо. Спостереження тісно пов'язане з вимірюванням – процесом знаходження відношення даної величини до іншої однорідної величини, прийнятої за одиницю вимірювання. Результат вимірювання виражається числом. Особлива важкість спостереження передбачається в соціально-гуманітарних науках, де його результати, більшою мірою, залежать від особи спостерігача, його життєвих установок і принципів, його зацікавленого ставлення до предмету, що вивчається. У процесі спостереження дослідник керується певною ідеєю, концепцією або гіпотезою, не просто реєструючи будь-які факти, а свідомо відбираючи ті з них, які або підтверджують, або спростовують його ідеї. Важливо відібрати найбільш репрезентативну, тобто найбільш представницьку групу фактів у їх взаємозв'язку. Інтерпретація спостереження також завжди здійснюється за допомогою певних теоретичних положень.

**Експеримент** – активне і цілеспрямоване втручання в перебіг процесу, що вивчається, відповідне змінювання об'єкта або його відтворення в спеціально створених і контрольованих умовах. В експерименті об'єкт або відтворюється штучно, або ставиться певним чином в задані умови, що відповідають меті дослідження. У процесі експерименту об'єкт, що вивчається, ізолюється від впливу побічних обставин і уявляється в «чистому вигляді». Конкретні умови експерименту не тільки задаються, але

і контролюються, модернізуються, неодноразово відтворюються. Всякий науковий експеримент завжди йде за будь-якою ідеєю, концепцією, гіпотезою. Дані експерименту завжди, так чи інакше, «теоретично навантажені» – від його постановки до інтерпретації результатів. Експеримент має такі основні особливості: активніше (ніж при спостереженні) ставлення до об'єкта, аж до його зміни і перетворення; багатократне відтворення об'єкта, що вивчається, за бажанням дослідника; можливість виявлення таких властивостей явищ, які не спостерігаються в природних умовах; - можливість розгляду явища в «чистому вигляді» шляхом ізоляції його від тих, що ускладнюють і маскують його хід обставин, а також шляхом зміни, варіювання умов експерименту; можливість контролю за «поведінкою» об'єкту дослідження і перевірки результатів. Усе ширше застосовуються соціальні експерименти, що сприяють впровадженню в життя нових форм соціальної організації і оптимізації управління суспільством. Об'єкт соціального експерименту, в ролі якого виступає певна група людей, є одним з учасників експерименту, на інтереси якого доводиться зважати, а сам дослідник виявляється включеним в ситуацію, що вивчається ним.

**Порівняння** – пізнавальна операція, яка лежить в основі думок про схожість або відмінність об'єктів. За допомогою порівняння виявляються якісні і кількісні характеристики предметів. Порівняти – значить зіставити одне з іншим з метою виявлення їх співвідношення. Простий і важливий тип відносин, що виявляються шляхом порівняння, – це відносини тотожності і відмінності. Порівняння має сенс тільки в сукупності «однорідних» предметів, які створюють клас. Порівняння предметів у класі здійснюється за ознаками, істотними для даного розгляду, при цьому предмети, що порівнюються за однією ознакою, можуть бути незрівняні за іншою. Порівняння є основою такого логічного прийому, як аналогія і служить початковим пунктом порівняльно-історичного методу. Це той метод, за допомогою якого шляхом порівняння виявляється загальне і особливе в історичних та інших явищах, досягається пізнання різних ступенів розвитку одного і того ж явища або різних співіснуючих явищ. Даний метод дозволяє виявити і зіставити рівні за розвитком явища, що вивчаються, зміни, які відбулися, і визначити тенденції розвитку.

**Абстрагування** – метод, який дає змогу переходити від конкретних питань до загальних понять і законів розвитку.

Зміст цього методу полягає в істотному відволіканні від несуттєвих властивостей, зв'язків, відносин, предметів та в одночасному виділенні, фіксуванні певних сторін цих предметів, які цікавлять дослідника.

**Конкретизація** – метод дослідження предметів у всій їх різноманітності, у якісній багатогранності реального існування на відміну від абстрактного вивчення предметів.

**Метод руху від абстрактного до конкретного** є загальною формою руху наукового пізнання – це відображення дійсності в мислені. Згідно з цим методом процес пізнання ніби розпадається на два відносно самостійні етапи: *перший етап* – від чуттєво-конкретного до його абстрактних визначень; *другий етап* – рух від абстрактних визначень об'єкта до конкретного у пізнанні.

**Аналіз** – метод дослідження, що полягає в уявному або практичному розчленуванні цілого на складові частини, кожна з яких аналізується окремо у межах єдиного цілого.

**Синтез** – метод вивчення об'єкта у його цілісності, у єдиному взаємному зв'язку його частин. У процесі наукових досліджень синтез пов'язаний з аналізом, оскільки дає змогу поєднати частини предмета (об'єкта чи явища), розчленованого в процесі аналізу, встановити їх зв'язок і пізнати предмет (об'єкт чи явище) як єдине ціле.

## 5.2 Розроблення плану-програми експерименту

Найбільш важливою складовою частиною наукових досліджень є експерименти. Експериментальне дослідження – один з основних способів одержати нові наукові знання. У його основі лежить експеримент – науково-поставлений дослід або спостереження.

**Мета експерименту** – перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези). Експеримент повинен бути проведений по можливості в найкоротший строк з мінімальною витратою матеріальних засобів і коштів при найбільш задовільній якості одержаних результатів.

У деяких випадках на експеримент витрачається багато засобів. Дослідник проводить величезну кількість спостережень і вимірювань, одержує безліч діаграм, графіків, виконує невиправдано велику кількість випробувань. На обробку і аналіз такого експерименту витрачається багато часу. Іноді виявляється, що виконано багато зайвого, непотрібного. У інших випадках результати тривалого і трудомісткого експерименту не повністю підтверджують робочу гіпотезу наукового дослідження.

Все це можливо тоді, коли експериментатор чітко не обґрунтував мету і завдання експерименту.

Тому перш ніж приступити до експериментальних досліджень, необхідно розробити методологію експерименту.

Методологія експерименту – це загальні принципи, структура експерименту, його постановка і послідовність виконання експериментальних досліджень. Методологія експерименту включає такі основні етапи:

- а) розробка плану-програми експерименту;
- б) оцінка вимірювань і вибір засобів для проведення експерименту;
- в) математичне планування і проведення експерименту;

г) обробка і аналіз експериментальних даних, встановлення адекватності.

**Розробка плану-програми експерименту.** План-програма включає найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців, календарний план робіт і кошторис на виконання експерименту.

Основу плану-програми складає методика експерименту. Методика експерименту – система прийомів або способів для послідовного найбільш ефективного експериментального дослідження, включає таке: мету і завдання експерименту; вибір варіюючих чинників; обґрунтування засобів і необхідну кількість вимірювань; опис проведення експерименту, обґрунтування способів обробки і аналіз результатів експерименту. Визначення мети і завдання експерименту – один з найбільш важливих етапів. На підставі аналізу інформації, гіпотези і теоретичних розробок обґрунтовують мету і завдання експерименту. Вибір варіюючих чинників – встановлення основних і другорядних характеристик, що впливають на процес дослідження. Класифікують всі чинники і складають з них для даного експерименту ряд, що зменшується за важливістю.

Обґрунтування засобів вимірювань – це вибір, необхідний для спостережень і вимірювань приладів, устаткування, машин, апаратів тощо. Насамперед чергу використовують стандартні машини, що серійно випускаються, і прилади, робота на яких регламентується інструкціями, стандартами та іншими офіційними документами. Дуже відповідальною частиною є встановлення точності вимірювань і похибок. Методи вимірювань повинні базуватися на законах спеціальної науки – метрології, що вивчає засоби і методи вимірювань.

При експериментальному дослідженні одного і того самого процесу (спостереження і вимірювання) повторні відліки на приладах зазвичай не однакові. Відхилення пояснюються неоднорідністю властивостей тіла (грунт, матеріал, конструкція тощо), що вивчається, недосконалістю приладів і класом їх точності, суб'єктивними особливостями експериментатора тощо. Чим більше випадкових чинників, що впливають на дослід, тим більше відхилення окремих вимірювань від середнього значення.

Це потребує повторних вимірювань, отже, необхідно знати їх потрібну мінімальну кількість, тобто таку їх кількість, яка в даному досліді забезпечить стійке середнє значення вимірюваної величини, що задовольнить заданому ступеню точності.

Це забезпечує отримання найбільш об'єктивних результатів при мінімальних витратах часу і засобів. В описі проведення експерименту складають послідовність (черговість) операцій вимірювань і спостережень.

Описують кожну операцію окремо з урахуванням вибраних засобів для проведення експерименту.

Встановлюють методи контролю якості операцій, що забезпечують при мінімальній кількості вимірювань високу надійність і задану точність. Розробляють форми журналів запису результатів спостережень і вимірювань. В обґрунтуванні способів обробки і аналізу результатів експериментів вибирають відповідні методи (встановлення емпіричних залежностей, апроксимація зв'язків між характеристиками, знаходження критеріїв і довірчих інтервалів тощо.).

Визначають об'єм і трудомісткість експериментальних досліджень, які залежать від глибини теоретичних розробок, ступеня точності прийнятих засобів вимірювань.

### **Запитання до теми 5**

1. Що таке планування експерименту?
2. Сформулюйте етапи планування.
3. Основна ціль планування.
4. Що таке експеримент?
5. Що означає фізичний і модельний експеримент?
8. Які завдання вирішує планування експерименту?
9. Назвіть основні етапи організації підготовки та проведення експериментальних досліджень?
10. Розкрийте методологію планування та проведення наукового експерименту?
11. Які особливості умов експерименту?
12. Поясніть суть формування об'єкта досліджування за принципом аналогів.
13. Якими є вимоги до проведення експериментальних наукових досліджень?
14. За яким принципом відбувається відбір проб води для проведення наукових експериментів?

## **ТЕМА 6 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ**

### **6.1 Обґрунтування засобів вимірювань**

**Метрологія** – наука про виміри, методи й засоби забезпечення їхньої єдності та способи досягнення необхідної точності. До основних проблем метрології відносяться: загальна теорія вимірів; одиниці фізичних величин й їхньої системи (наприклад, СІ); методи й засоби вимірів; методи визначення точності вимірів; основи забезпечення єдності вимірів, при яких результати

виміру виражені в узаконених одиницях, а похибки вимірів відомі із заданою ймовірністю, що можливо при однаковості засобів виміру.

Важливе значення в метрології мають еталони і зразкові засоби вимірів. До еталонів ставляться засоби вимірів (або комплекс засобів вимірів), що забезпечують відтворення і зберігання одиниці з метою передачі її розміру нижчестоящим засобам виміру. Еталони виконані за особливою специфікацією. Еталонна база містить більше 120 державних еталонів, у тому числі, наприклад, одиниці довжини, маси тощо. Зразкові засоби вимірів служать для перевірки за ними робочих (технічних) засобів виміру, постійно використовуваних в дослідженнях.

Основоположником метрології як науки був великий росіянин, учений Д. І. Менделєєв, який створив у 1893 р. Головну Палату мір і ваг.

**Методи виміру** можна розділити на прямі й непрямі. При прямих вимірах шукану величину встановлюють безпосередньо з досліду. При непрямих шукану величину визначають як функцію від інших величин, наприклад  $b=f(a)$ , де  $b$  – величина, знайдена за допомогою непрямих вимірів.

Розрізняють також абсолютні й відносні виміри. **Абсолютні** – це прямі виміри в одиницях вимірюваної величини; **відносні** виміри становлять відношення вимірюваної величини до однойменної величини, що відіграє роль одиниці або виміру цієї величини стосовно однойменної, прийнятої за вихідну. Наприклад, вологість повітря приймають у відносних одиницях (відсотках) стосовно повного його водонасичення.

У дослідженнях застосовують сукупні й спільні виміри. При **сукупних** вимірах одночасно вимірюють кілька однойменних величин, а шукану величину при цьому знаходять шляхом вирішення системи рівнянь. При, **спільних** вимірах – одночасно проводять вимірювання неоднойменних величин для знаходження залежності між ними.

Відокремлюють кілька методів виміру. **Метод безпосередньої оцінки** відповідає встановленню значення величини безпосередньо за відліковим пристроєм вимірювального приладу прямої дії (наприклад, вимір маси на циферблатних вагах). При **використанні методу порівняння** з мірою вимірювану величину порівнюють з величиною, відтвореною мірою (наприклад, вимір маси на важільних вагах зі зрівноважуванням гирями). При **методі протиставлення** здійснюють порівняння з мірою (наприклад, при вимірі маси на рівноплечих вагах з приміщенням вимірюваної маси та гир на двох протилежних чашках ваг). При **диференціальному методі** на вимірювальний прилад впливає різниця вимірюваної і відомої величини, відтвореною мірою (наприклад, виміру, виконувани при перевірці мерли довжини порівнянням зі зразковою мірою на компараторі). При **нульовому методі** результуючий ефект впливу величини на прилад доводять до нуля (наприклад, вимір електричного опору мостом з повним його

зрівноважуванням). **При методі заміщення** обмірювану величину заміщають відомою величиною, відтвореною мірою (наприклад, зважування з почерговим приміщенням вимірюваної маси й гирі на ту саму чашку ваг). **При методі збігів** різницю між вимірюваною величиною і величиною відтвореною мірою виміряють з використанням збігу оцінок шкал або періодичних сигналів.

**Засоби вимірів** – сукупність технічних засобів, що мають нормовані похибки, які подають необхідну інформацію для експериментатора. До засобів вимірів відносять міри, вимірювальні прилади, устаткування та системи. Найпростішим засобом виміру є міра, призначена для відтворення фізичної величини заданого розміру (наприклад, гиря – міра маси).

**Вимірювальним приладом** називають засіб виміру, призначений для одержання певної інформації про досліджувану величину в зручній для експериментатора формі. У цих приладах вимірювана величина перетворюється на покази або сигнал. Вони складаються із двох основних вузлів: сприймаючий сигнал і перетворюючий на покази.

Прилади класифікують, наприклад, за способом відліку значення вимірюваної величини. Ці прилади дають показання без яких-небудь додаткових операцій експериментатора. Цифрові прилади дають меншу похибку, відліковий механізм таких приладів фіксує вимірювану величину у вигляді цифр.

Реєструючі прилади бувають самописними й друкованими. Самописні прилади видають графік вимірів. Друковані прилади видають вимір у вигляді цифр. Прилади також класифікують за точністю вимірів, стабільністю показників, чутливістю, межами виміру тощо.

**Вимірювальна установка** (стенд) становить систему, що складається з основних і допоміжних засобів виміру, призначених для виміру однієї або декількох величин. Установки містять різні засоби вимірів і перетворювачі, призначені для одно- або багатоступінчастого перетворення сигналу до такого рівня, щоб можна було зафіксувати його вимірювальним механізмом. Перетворювачі, які збільшують у кілька разів на виході величину без зміни її фізичної сутності, називають масштабними (трансформатори, електронні підсилювачі тощо.). Є також перетворювачі, які вхідний сигнал можуть перетворювати, міняючи його фізичну сутність. Так, електромеханічний перетворювач перетворює електричний сигнал на вхіді в механічний на виході або навпаки.

Здебільшого при проведенні експериментів доводиться створювати вимірювальні установки з фіксацією різних фізичних величин. Вихідний сигнал засобів виміру фіксується відліковими пристроями, які бувають шкальними, цифровими й реєструючими. Шкала є важливою частиною приладу. Відстань у міліметрах між двома суміжними оцінками на шкалі називають довжиною розподілу шкали. Різницю між значеннями

вимірюваної величини, що відповідає початку і кінцю шкали, називають діапазоном показань приладу.

Похибка засобу виміру – одна з найважливіших характеристик. Вона виникає внаслідок недоброякісних матеріалів, застосовуваних для приготування приладів; поганої якості виготовлення приладів; незадовільної експлуатації тощо. Істотний вплив має градування шкали та періодична перевірка приладів. Окрім цих систематичних похибок виникають випадкові, обумовлені поєднанням різних випадкових факторів – помилками відліку тощо. Таким чином, необхідно розглядати не які-небудь окремі, а сумарні похибки приладів.

Діапазоном вимірів називають ту частину діапазону показань приладу, для якої встановлені погрішності приладу (якщо відомі похибки приладу, то діапазон вимірів і показань приладу збігається). Діапазон вимірів є важливою характеристикою приладу. Якщо шкала вимірів змінюється від 0 до  $N$ , то в характеристиці приладу діапазон указують у межах  $0 - N$ . Деякі прилади з нижньою межею виміру 0 має більшу похибку – в інтервалі  $0 - 25\%$  від верхньої межі вимірів, тому є багато приладів без нижньої нульової межі виміру, наприклад  $100 - 1000 \text{ Н/м}^2$ .

Різницю між максимальним і мінімальним показами приладу називають **розмахом**. Іншою характеристикою приладу є його **чутливість**, тобто здатність пристрою, що відраховує, реагувати на зміни вимірюваної величини. Під **порогом чутливості** приладу розуміють найменше значення вимірюваної величини, що викликає зміну показання приладу, яку можна зафіксувати.

Основною характеристикою приладу є його **точність**. Вона характеризується сумарною похибкою.

Засоби виміру діляться на класи точності. Клас точності - це узагальнена характеристика, обумовлена межами основної й додаткових похибок, що впливають на точність.

**Стабільність** (відтворюваність приладу) – властивість відлікового пристрою забезпечувати сталість показань однієї і тієї ж величини. У результаті старіння матеріалів стабільність показів приладів порушується

На всі вимірювальні прилади тією чи іншою мірою діє магнітне поле, тому деякі електровимірювальні прилади необхідно бути захищати від впливу магнітного поля, а також електростатичних явищ. Існують також прилади, які потребують додаткового захисту від пилу, вібрації, газу, світла тощо. Відсутність такого захисту може спричинити похибки, що перевищують припустимі.

Усі засоби виміру (прилади, використовувані для виміру в наукових дослідженнях) проходять періодичну перевірку на точність. Така перевірка передбачає визначення й, по можливості, зменшення погрішностей приладів. Перевірка дозволяє встановити відповідність даного приладу

регламентованому ступеню точності й визначає можливість його застосування для даних вимірів, тобто визначаються похибки й установлюється, чи не виходять вони за межі допустимого значення. Перевірку засобів вимірів роблять на різних рівнях - від спеціальних державних організацій до низових ланок.

На високоточні вимірювальні засоби державні метрологічні організації видають спеціальне посвідчення, в якому після перевірки вказують номінальні значення вимірюваної величини, клас точності, граничну припустиму похибку, результати перевірки похибки приладу у вигляді таблиць, варіації вимірів. Для приладів меншої відповідальності свідчення може не видаватися й замінятися лише вказівкою про те, що прилад задовольняє вимогам стандарту або інструкції. Замість інструкції прилад постачають клеймом перевірки.

Вимірювальні прилади й установки різних організацій піддають обов'язковій державній перевірці раз в 1 – 2 роки. Цього строку цілком достатньо для гарантованої експлуатації. Однак у ряді випадків внаслідок недбалого поводження із приладами їхні експлуатаційно-вимірювальні характеристики можуть порушуватися, тоді перевірку потрібно проводити раніше.

Аналіз експлуатаційних якостей вимірювальних засобів показує, що прилади й установки, що зберігалися тривалий час на складах (1...2 роки), піддаються старінню і погіршують свої властивості. Іноді при цьому похибки перевищують припустимі значення, тому вимірювальні засоби, що зберігалися на складі, перед застосуванням необхідно обов'язково піддати перевірці.

У процесі робочої перевірки роблять різні операції: визначають діапазони вимірів, варіації вимірів тощо. В окремих випадках виконують регулювання та градування засобів вимірів.

Під регулюванням приладу розуміють операції, спрямовані на зниження систематичних помилок до величини, меншої припустимої похибки. Вимірювальні прилади звичайно мають два вузли для регулювання нуля і чутливості. Регулювання нуля призначене для усунення систематичних помилок у діапазоні нижньої межі вимірів.

Подекуди виникають систематичні похибки, що лінійно зростають або убують зі зміною вимірюваної величини. Таку похибку регулюванням нуля усунути неможливо. Її можна зменшити за допомогою регулювання чутливості, тому що похибка різна на різних ділянках довжини шкали, то за допомогою одночасного регулювання вузла нуля і чутливості досягають істотного зниження систематичної помилки приладу на початку, середині й в кінці діапазону вимірів.

Найпоширенішим способом перевірки приладів та оцінки його експлуатаційних характеристик є спосіб порівняння. Він зводиться до

співставлення приладу, що перевіряє, зі зразковим при вимірі однієї та тієї ж величини. За відліками визначають погрішності, які має прилад, який необхідно перевірити.

Одночасно з виконанням наступних вимірів виконавець повинен проводити попередню обробку результатів та їхній аналіз. Тут особливо повинні проявлятися його творчі особливості. Такий аналіз дозволяє контролювати досліджуваний процес, коректувати експеримент, поліпшувати методику й підвищувати ефективність експерименту.

У процесі експериментальних робіт необхідно дотримувати вимог інструкцій з промсанитарії, техніки безпеки, пожежної профілактики. Особливу увагу варто приділяти завданню зменшення шуму при експерименті, стану газових кранів та електроустаткування. Всі електроприлади повинні бути заземлені. Газові крани треба періодично перевіряти фахівцями на витік газу.

## 6.2 Основи теорії похибок

Основу науково-технічних знань становлять вимірювання. Про значення вимірювань дуже вдало висловився Д. І. Менделєєв: «Наука починається... з того часу, коли починають вимірювати...». Вимірювання мають важливе значення і в практичному житті людини. Завдяки вимірюванням кількісно характеризуються властивості фізичних об'єктів, мірою яких є фізична величина. Згідно з державною системою стандартів, «фізична величина – це властивість, спільна в якісному відношенні для багатьох фізичних об'єктів (фізичних систем, їхніх станів та процесів, що в них відбуваються), але в кількісному відношенні – індивідуальна для кожного об'єкта». «Вимірювання – знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів».

Технічні засоби, які використовуються для вимірювань і мають нормовані метрологічні властивості, називаються засобами вимірювання. Їх поділяють на міри (наприклад: міра маси – важок, гиря; міра довжини – лінійка, метр, мікрометр), вимірювальні перетворювачі, прилади (штангенциркуль, амперметр, тощо), вимірювальні установки (місток Уїтстона).

Кожному фізичному об'єкту властиве певне значення фізичної величини. Значення, яке ідеально відтворює властивості певного об'єкта в кількісному та в якісному відношенні, називають істинним значенням фізичної величини. Істинні значення не залежать від засобів нашого пізнання і є тією абсолютною істиною, до якої ми прагнемо, намагаючись виразити їх у вигляді чисел. Істинне значення величини ми можемо оцінити експериментальним шляхом за допомогою засобів вимірювання. Значення величини, знайдене вимірюваннями, називають результатом вимірювання. Результат вимірювання – це продукт нашого пізнання, наближена оцінка

істинного значення величини. Він залежить не лише від самого значення величини, яку оцінюють, але і від засобів вимірювання, методів вимірювання, від навичок і властивостей органів чуття експериментатора.

Величина, яка характеризує відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини, є однією з найважливіших характеристик вимірювання і називається похибкою вимірювань.

Аналіз випадкових похибок базується на теорії випадкових помилок, яка дає можливість з визначеною гарантією обчислити дійсне значення вимірюваної величини та оцінити можливі помилки.

Основу теорії випадкових помилок становлять такі **припущення**:

–при великій кількості вимірів випадкові похибки однакової величини, але різного знаку зустрічаються однаково часто;

–більші похибки зустрічаються рідше, ніж малі (випадковість появи похибки зменшується зі зростанням її величини);

–при нескінченно великому числі вимірів істинне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірів, а поява того чи іншого результату вимірів як випадкової події описується нормальним законом розподілу.

Розрізняють **генеральну та вибірккову сукупність вимірів**.

Під **генеральною сукупністю** розуміють всю множину можливих значень вимірів  $x_i$  або можливих значень похибок  $\Delta x_i$ .

Для **вибіркової сукупності** число вимірів  $n$  обмежене і у кожному конкретному випадку визначається чітко.

Зазвичай вважають: якщо  $n > 30$ , то середнє значення певної сукупності вимірів  $\bar{X}$  достатньо наближається до його дійсного значення.

**Метрологічне забезпечення експериментальних досліджень.** Метрологічне забезпечення – встановлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і необхідної точності вимірювань. Метрологічне забезпечення складається з наукової, законодавчої, технічної та організаційної основ. Науковою основою метрологічного забезпечення є метрологія.

Основною метою метрологічного забезпечення є покращення якості продукції, підвищення ефективності виробництва, використання матеріальних цінностей та енергетичних ресурсів, а також наукових досліджень.

Основні завдання метрологічного забезпечення є:

- встановлення одиниць фізичних величин;
- формування системи державних еталонів одиниць фізичних величин і забезпечення їхнього функціонування;
- розроблення методів і засобів передавання розмірів одиниць фізичних величин від еталонів зразковим і робочим засобам вимірювань;

- розроблення науково-методичних, правових та організаційних основ, які необхідні для досягнення єдності та необхідної точності вимірювань;
- розроблення та впровадження в метрологічну практику норм і правил законодавчої метрології; -державний та відомчий метрологічний нагляд за розробленням, виробництвом, станом, застосуванням і розроблення та атестація методик виконання вимірювань;
- створення та атестація стандартних зразків складу і властивостей речовин і матеріалів; -проведення метрологічної експертизи нормативної, проектної, конструкторської та технологічної документації. ремонтом засобів вимірювань;
- проведення державних випробувань, повірки, калібрування та метрологічної атестації засобів вимірювань;
- сертифікація засобів вимірювань.

### **Запитання до теми 6**

1. Що таке засоби вимірювальної техніки?
2. Що таке засоби вимірювань? Наведіть приклади.
3. Що таке вимірювальні пристрої? Наведіть приклади.
4. Розкрийте суть поняття «структурна схема вимірювального пристрою».
5. Що таке метрологічні та неметрологічні характеристики ЗВТ?
6. Охарактеризуйте такі поняття «шкала приладу», «діапазон показань та діапазон вимірювань», «показ вимірювального приладу», «ціна поділки» та «стала приладу».
7. Як пов'язані між собою покази, стала приладу та ціна поділки?
8. Що таке чутливість ЗВТ та його поріг чутливості?
9. Наведіть умовні позначення класів точності ЗВ та поясніть їх зміст.
10. Як класифікують засоби вимірювань за метрологічними характеристиками?
11. Як класифікують похибки засобів вимірювань?
12. Розкрийте поняття «абсолютна похибка», «відносна похибка», «приведена похибка», «адитивна похибка», «мультиплікативна похибка» та «клас точності».

## **ТЕМА 7 ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **7.1 Статистичні методи оцінки вимірювань в експериментальних дослідженнях**

Теорія випадкових похибок дозволяє оцінити точність та надійність вимірів при даній кількості вимірів або визначити мінімальну кількість вимірів, що гарантує задану точність та надійність вимірів. Разом з цим виникає необхідність виключити грубі похибки ряду, визначити достовірність одержаних даних тощо.

Для великої вибірки та нормального закону розподілу загальною оціночною характеристикою вимірів є дисперсія  $D$  та коефіцієнт варіації  $\kappa_v$ :

$$D = \sigma^2 = \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] / n; \quad \kappa_v = \sigma / \bar{x}. \quad (7.1)$$

Дисперсія характеризує однорідність вимірів. Чим вище  $D$ , тим більше розкид вимірів. Чим вище  $\kappa_v$ , тим більше мінливість вимірів відносно середніх значень,  $\kappa_v$  оцінює також розкид при оцінці кількох вибірок.

**Довірчим інтервалом** значень  $x_i$  є такий інтервал, в який потрапляє дійсне значення  $x_d$  вимірюваної величини із заданою імовірністю.

**Довірчою імовірністю (вірогідністю) ( $P_d$ )** вимірів називається імовірність того, що істинне значення вимірюваної величини потрапить до даного довірчого інтервалу, тобто в зону  $a \leq x_d \leq b$ . Ця величина визначається у частках одиниці або у відсотках.

Довірчий інтервал характеризує точність вимірів даної вибірки, а довірка імовірність – достовірність виміру.

Довірча імовірність визначається за допомогою інтегральної функції Лапласа, а довірчий інтервал визначається при  $n > 30$  за допомогою аргумента функції Лапласа, а при  $n < 30$  – за допомогою аргумента функції Стюдента.

Для проведення дослідів із заданою точністю та вірогідністю необхідно знати ту кількість вимірів, при якій експериментатор буде впевнений у позитивності результату. У зв'язку з цим одним із найперших завдань при статистичних методах оцінки є встановлення мінімального, але достатнього числа вимірів для даних умов. Завдання зводиться до встановлення мінімального обсягу вибірки (числа вимірів або спостережень)  $N_{\min}$  при заданих значеннях довірчого інтервалу та довірчій імовірності.

Для визначення  $N_{\min}$  може бути використана така послідовність розрахунків:

1) проводиться попередній експеримент з кількістю вимірів  $n$ , які становлять залежно від трудомісткості дослідів від 20 до 50;

2) розраховується середньоквадратичне відхилення  $\sigma$  за формулою (6.1);

3) відповідно до визначених завдань експерименту визначається потрібна точність вимірів  $\Delta$  за формулою

$$\Delta = \sigma_0 / \bar{x}, \quad (7.2)$$

де  $\sigma_0$  - середньоарифметичне значення середньоквадратичного відхилення  $\sigma$ , яке дорівнює  $\sigma_0 = \sigma / \sqrt{n}$ .

4) встановлюється нормоване відхилення  $t$ , значення якого звичайно задається (залежить також від точності методу);

5) визначають  $N_{\min}$  за такою формулою:

$$N_{\min} = \sigma^2 t^2 / \sigma_0^2 = k_e^2 t^2 / \Delta^2, \quad (7.3)$$

де  $k_v$  – коефіцієнт варіації (мінливості), %;

$\Delta$  – точність вимірів, %.

При подальшому проведенні експерименту кількість вимірів не повинне бути меншим за  $N_{\min}$ .

У процесі обробки експериментальних даних варто виключати грубі помилки ряду. Однак перш ніж виключити той чи інший вимір, необхідно упевнитись, що це дійсно помилка, а не відхилення внаслідок статистичного розкиду. Найпростішим способом виключення із ряду виміру, що різко відрізняється від інших, є **правило трьох сигм**: розкид випадкових величин від середнього значення не повинен перевищувати

$$X_{\max, \min} = \bar{X} \pm 3\sigma. \quad (7.4)$$

Більш вірогідним є метод, що базується на використанні довірчого інтервалу. Другим методом встановлення грубих помилок є метод, що базується на використанні критерію В. І. Романовського. Ці методи використовують за наявності малої вибірки.

У ряді більш глибокого аналізу експериментальних даних рекомендується така послідовність:

1) після одержання експериментальних даних у вигляді статистичного ряду його аналізують і виключають систематичні помилки;

2) аналізують ряд з метою виявлення грубих помилок та похибок: встановлюють підозрілі значення  $X_{\max}$  або  $X_{\min}$ ; визначають величину середньоквадратичного відхилення  $\sigma$ ; розраховують критерії виключення із статистичного ряду значень  $X_{\max}$  та  $X_{\min}$  (за допомогою одного з двох згаданих вище методів); виключають за необхідності із статистичного ряду  $X_{\max}$  та  $X_{\min}$  і одержують новий ряд із нових членів;

3) розраховують середньоарифметичне  $\bar{X}$ , похибки окремих вимірів  $(\bar{X} - X_i)$  та середньоквадратичне очищеного ряду  $\sigma$ ;

4) знаходять середньоквадратичне  $\sigma_0$  серії вимірів, коефіцієнт варіації  $k_v$ ;

5) при великій вибірці задаються довірчою імовірністю  $p_d = \varphi(t)$  або рівнянням значущості  $(1 - P_d)$  та за допомогою таблиць значень інтегральної функції Лапласа визначають  $t$ ;

6) визначають довірчий інтервал  $\mu_{cm}$ ;

7) встановлюють дійсне значення величини, що досліджується за формулою

$$x_d = \bar{x} \pm \mu_{cm}; \quad (6.5)$$

8) оцінюють відносну похибку результатів серії вимірів при заданій довірчій імовірності  $P_d$ .

**Методи графічної обробки результатів експерименту.** При обробці результатів вимірів та спостережень широко використовують методи графічного зображення. Графічне зображення надає найбільш наочне уявлення про результати експерименту, дозволяє краще пізнати фізичну сутність досліджуваного процесу, виявити загальний характер функціональної залежності змінних величин, що вивчаються, встановити наявність максимуму або мінімуму функції.

Для графічного зображення результатів досліджень зазвичай використовують систему прямокутних координат. Якщо аналізується графічним методом функція  $y = f(x)$ , то наносять в системі прямокутних координат значення  $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n$ . Перш ніж будувати графік, необхідно знати хід (перебіг) досліджуваного явища. Як правило, експериментатор має орієнтовне уявлення про якісні закономірності та форму графіка з теоретичних досліджень.

Точки на графіку необхідно з'єднувати плавною лінією таким чином, щоб вона проходила найближче до всіх експериментальних точок. Якщо з'єднати точки прямими відрізками, то одержимо ламану криву. Вона характеризує зміну функції за даними експерименту. Звичайно функції мають плавний характер. Тому при графічному зображенні результатів дослідження слід проводити між точками плавні криві. Різке викривлення графіка пояснюється похибками вимірів. Якби експеримент повторили з використанням засобів вимірювання більш високої точності, то одержали б менші похибки, а ламана крива більше відповідала б плавній кривій.

Однак можуть бути і винятки, тому що іноді досліджуються явища, для яких у визначених інтервалах спостерігається швидка стрибкоподібна зміна однієї з координат. У таких випадках необхідно особливо ретельно з'єднувати точки кривої.

Іноколи при побудові графіка спостерігається різке віддалення однієї або двох точок від кривої. У цьому випадку спочатку потрібно проаналізувати фізичну сутність явища, і якщо немає підстав до стрибку функції, то таке різке відхилення можна пояснити грубою похибкою.

Часто при графічному зображенні результатів експерименту доводиться мати справу з трьома змінними  $b = f(x, y, z)$ . У цьому випадку використовують метод поділу змінних. Одній з величин  $z$  у межах інтервалу вимірів ( $z_1$ –  $z_n$ ) надають кілька послідовних значень. Для двох інших змінних  $x$  та  $y$  будують графіки функцій  $y = f_i(x)$  при  $z_i = \text{const}$ . У результаті на одному й тому самому графіку одержують сімейство кривих  $y = f_i(x)$  для різних значень  $z$ .

При графічному зображенні результатів експерименту великого значення набуває вибір масштабів та координатної сітки.

**Координатні сітки** бувають рівномірні та нерівномірні. У рівномірних координатних сітках ординати та абсциси мають рівномірну шкалу.

Нерівномірна координатна сітка використовується для більшої наочності у випадках, коли функція має різко змінюваний характер. Серед нерівномірних координатних сіток найбільшого поширення набули **напівлогарифмічні, логарифмічні та імовірнісні**.

*Напівлогарифмічна сітка* має рівномірну шкалу на ординаті та логарифмічну шкалу на абсцисі.

*Логарифмічна координатна сітка* має на двох осях логарифмічні шкали.

**Імовірнісні координатні сітки** зазвичай мають на ординаті, як правило, рівномірну шкалу, а на осі абсцис – імовірнісну шкалу.

Доцільність використання нерівномірної функціональної сітки пояснюється, крім вищезазначеного, бажанням представити функцію, що досліджується, у вигляді прямої, що підвищує точність побудови. При цьому здійснюється так зване вирівнювання, тобто криву, що побудована за дослідними даними, представляють лінійною функцією. Нехай, наприклад, для деякої емпіричної кривої підібрана функція типу  $y = ax^n$ . Процес вирівнювання буде таким. Наведений вираз перетворюється за допомогою логарифмування у вираз  $\lg y = n \lg x + \lg a$ . Якщо ми позначимо  $\lg y = y_1; \lg x = x_1; \lg a = a_1$ , то одержимо лінійну формулу  $y_1 = nx_1 + a_1$ , графіком якої буде пряма лінія.

Масштаб за координатними осями, як правило, використовують різний. Від його вибору залежить форма графіка – він може бути пласким (вузьким) або витягнутим (широким) вдовж осі. Вузькі графіки дають більшу похибку на осі ординат, широкі на осі абсцис. Правильно підібраний масштаб дозволяє підвищити точність відрахування. Розрахункові графіки, що мають екстремум функції або який-небудь складний вигляд, особливо ретельно потрібно креслити у зонах вигину. На таких ділянках кількість точок для накреслення графіка повинно бути істотно більшою, ніж на плавних ділянках.

У деяких випадках будують **номограми**, які істотно полегшують використання для систематичних розрахунків складних теоретичних та емпіричних формул у відповідних межах зміни величин.

**Номограма** (від грец. **nomos** – закон та **gramma** – риска, буква, писемний знак, зображення) – креслення, яке є зображенням функціональних залежностей, які використовуються для одержання (без розрахунків) приблизних розв’язань рівнянь.

## 7.2 Визначення мінімальної кількості вимірювань

У процесі експериментальних вимірів звичайно одержують статистичний ряд вимірів двох величин, які об’єднуються функцією  $y = f(x)$ . Кожному значенню функції  $y_1, \dots, y_n$  відповідає відповідне значення аргумента  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Першочерговим завданням, яке стоїть перед дослідником, в процесі планування експериментальних досліджень є встановлення достатньої мінімальної кількості вимірювань, за яких забезпечується одержання з необхідною точністю достовірної інформації про об’єкт дослідження.

Завдання зводиться до встановлення мінімальної кількості вимірювань  $N_{min}$  при заданих значеннях довірчого інтервалу  $2\mu$  і довірчої імовірності  $P_d$ .

Довірчим інтервалом називається інтервал значень  $x_i$ , у який потрапляє істинне значення  $x_{ist}$ , вимірюваної величини з заданою імовірністю. Довірчою імовірністю (вірогідністю) вимірювання називається імовірність того, що істинне значення вимірюваної величини потрапляє в даний довірчий інтервал, тобто в зону  $x_{min} \leq x_{icm} \leq x_{max}$ . Довірчий інтервал  $\mu$  похибки вимірювання величини  $x_{ist}$  може бути визначений з використанням інтегральної функції Лапласа.

Збільшуючи кількість вимірювань  $n$  навіть з незмінною їхньою точністю, можна збільшити надійність довірчих оцінок або звужити довірчий інтервал для істинного значення вимірюваної величини. Необхідну кількість вимірів для досягнення потрібної точності  $(1 - \varepsilon / x_{icm})$  і надійності  $P_d$  можна визначити заздалегідь тільки в тому разі, коли відома середня квадратична похибка вимірювань (вимірювання передбачаються рівноточними і незалежними).

На практиці часто можна обмежитися меншою кількістю вимірювань, якщо застосувати такий прийом. За результатами вимірювань розрахувати довірчий інтервал. Потім уточнити потрібну кількість вимірювань з тих міркувань, що зменшення довірчого інтервалу в  $\lambda$  разів забезпечується збільшенням кількості вимірювань у  $\lambda^2$  разів (наприклад, зменшення довірчого інтервалу в 2 рази забезпечується збільшенням кількості вимірювань у 4 рази).

## Запитання до теми 7

1. Які основні етапи включає традиційне експериментальне дослідження? Наведіть характеристику окремих етапів. Назвіть вимоги до проведення експерименту.

2. Які координатні сітки використовують при графічному зображенні результатів експерименту? Доведіть доцільність використання нерівномірних функціональних координатних сіток.

3. Чим вирізняються емпіричні, аналітичні та апроксимуючі залежності? З яких етапів складається процес підбору емпіричних формул?

4. Які концепції включає теорія математичного експерименту?

5. Як встановити мінімальну кількість вимірювань  $N_{min}$  при заданих значеннях довірчого інтервалу  $2\mu$  і довірчої імовірності  $P_d$ .

## ТЕМА 8 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДИ ГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

### 8.1 Сутність методу моделювання

**Моделювання** – це вивчення об'єкта шляхом побудови і дослідження його моделі, здійснюване з певною метою і складається у заміні експерименту з оригіналом експерименту на моделі.

Модель повинна будуватися так, щоб вона найбільш повно відтворювала ті якості об'єкта, які необхідно вивчити відповідно до визнаної мети. В усіх відношеннях модель повинна бути імітацією об'єкта та зручна для його вивчення.

Таким чином, для одного й того самого об'єкта можуть використовуватися різноманітні моделі (клас моделей), відповідні різноманітним цілям його вивчення.

Необхідною умовою моделювання є подібність об'єкта та його моделі. Спеціаліст, що здійснює побудову моделі, повинен мати такі якості :

- чітке уявлення про суть фізико-хімічних явищ, що відбуваються в об'єкті;

- уміння математично описати перебіг процесів та застосувати необхідні засоби моделювання;

- забезпечити одержання на моделі змістовні результати.

#### **Цілі і завдання моделювання :**

1. Оптиміальне проєктування нових та інтенсифікація діючих технологічних процесів.

2. Контроль за перебігом процесу, одержання необхідної інформації про нього та обробка одержаної інформації з метою управління ходом технологічним процесом.

3. Вирішення завдань дослідження об'єктів, коли не можна проводити активні експерименти (режими роботи реакторів, траєкторії космічних об'єктів тощо).

4. Максимальне пришвидшення переносу результатів лабораторних досліджень у промислові масштаби.

#### **Вимоги до моделі :**

1. Витрати на створення моделі повинні бути значно меншими за витрати на створення оригіналу.

2. Мають бути чітко визначені правила інтерпретації результатів обчислювального експерименту.

3. Основна вимога – модель повинна бути істотною. Ця вимога полягає в тому, що модель повинна відбивати необхідні, істотні для рішення конкретного завдання властивості об'єкта. Для одного й того самого об'єкта складно створити узагальнену модель, що відбиває всі його властивості, тому важливо забезпечити істотність моделі.

Класифікацію моделей можна проводити по різними типами ознак, рис.8.1 :

- за способом пізнання: науково-технічні, художні, життєві;
- за природою моделей: предметні (фізичні / матеріальні); знакові (уявні).



Рис. 8.1 – Класифікація моделей

**Матеріальні моделі** – зменшене (збільшене) відображення оригіналу зі збереженням фізичної істотності (реактор – пробірка).

**Уявна модель** – відображення оригіналу, що відбиває істотні ознаки, що виникає у свідомості людини в процесі пізнання. **Образні моделі** носять описовний характер.

**Математична модель** – сукупність математичних залежностей, що відображаються у формі технологічного процесу, тобто всі істотні параметри технологічного об'єкту пов'язані системою математичних порівнянь.

По повноті відбивання внутрішніх властивостей об'єкту моделювання моделі поділяють на *динамічні* та *статичні*.

*Динамічні моделі* використовуються здебільшого при розробленні систем автоматизованого управління процесами, оскільки вони враховують перехідні характеристики об'єкта.

*Статичні моделі* описують стаціонарні (усталені) процеси. За використанням математичним апаратом математичні моделі поділяють так:

- 1) детерміновані – при зміні будь-якого параметра значення вихідних величин визначаються однозначно;
- 2) статистичні – результат визначається з визначеною мірою вірогідності (т. є. неоднозначно визначається заданими параметрами).

**Фізичне моделювання** – це засіб дослідження на моделях, що мають однакову фізичну природу з об'єктом моделювання, тобто становлять деякий макет об'єкта, що вивчається. Фізичні моделі відтворюють увесь комплекс властивостей явищ об'єкта.

В фізичному моделюванні важливу роль відіграє теорія подібності. Її головне положення: необхідна фізична подібність моделі та об'єкта забезпечується лише при рівності всіх однотипних комплексів, що визначаються безрозмірними комплексами (критеріїв подібності) у подібних точках моделі та об'єкта. Застосовуються при фізичному моделюванні на додаток до геометричної подібності. Передбачається подібність швидкостей, матеріальних середовищ тощо.

При моделюванні на підставі засобу подібності безрозмірні комплекси відіграють двоїсту роль. По-перше, на їх основі визначають, коли модель подібна до оригіналу, при цьому комплекси слугують власне критеріями подібності. По-друге, значення тих самих комплексів у подібних точках і є тією кількісною мірою, що переноситься з моделі на об'єкт.

Моделювання допомагає при розкритті якісних і кількісних властивостей явищ однакової фізичної природи і явищ, різнорідних за своїм фізичним станом. У природі внаслідок її матеріальної єдності існують деякі загальні співвідношення й найпростіші форми, що дозволяють робити широкі практичні узагальнення, у деяких випадках відволікаючись у процесі пізнання від деталей явищ, що відбуваються. Таким чином, при моделюванні завжди повинні бути присутні деякі співвідношення, що встановлюють умови переходу від моделі до досліджуваного об'єкта (оригіналу). Такі співвідношення називаються масштабами. Моделювання включає наукові дослідження, спрямовані на вирішення як загально-філософських і загальнонаукових проблем, так і на вирішення конкретних науково-технічних завдань, де моделювання є інструментом дослідження. Прийоми аналізу й апарат вирішення при цьому різні, але метод однаково потребує встановлення критеріїв подібності.

За ступенем відповідності параметрів моделі й оригіналу подібність може бути трьох видів.

**Абсолютна подібність**, що вимагає повної тотожності положень або явищ у просторі й часі, є абстрактним поняттям.

**Повна подібність** – подібність тих процесів, що протікають у часі й просторі, які достатньо повно визначають певне явище. Наприклад, можна вважати, що синхронний генератор має повну електромеханічну подібність іншому генератору, якщо всі процеси змін струмів, напруг, обертальних моментів на валу, зміна в часі й просторі розподілу магнітних і електричних полів відрізняються в цих генераторах тільки за масштабом. При цьому нагріваючі або механічні напруги в окремих деталях генератора можуть не бути подібними, оскільки вони істотно не впливають на досліджувані електромеханічні явища. Проте вони можуть бути істотними при дослідженні тепломеханічних процесів тощо.

**Неповна подібність** пов'язана з вивченням процесів тільки в часі або тільки в просторі. Зокрема електромеханічні процеси в синхронному генераторі можуть бути подібні в часі, без дотримання геометричної подібності полів усередині машини.

**Наближена подібність** реалізується при деяких спрощуючих допущеннях, що приводять до спотворень, попередньо оцінюваних кількісно.

З погляду адекватності фізичної природи моделі й оригіналу моделювання може бути фізичним, здійснюваним при однаковій фізичній природі явищ, що вивчаються; аналоговим, що вимагає відповідності в тому чи іншому значенні параметрів порівнюваних процесів, наприклад, однакової форми рівнянь, що описують фізично різні явища: математичне, яке передбачає формальне перетворення рівнянь, що полегшує їхнє розв'язування. Зокрема, якщо диференціальне рівняння (А), що описує фізичний процес, перетворено в рівняння (В), то, встановивши відповідні функціональні зв'язки, можна розглядати А і В, як подібні процеси. Умови нелінійної подібності можуть бути знайдені для систем, параметри яких залежать від параметрів режиму.

**Теореми про подібність.** Усі перелічені вище види подібності визначаються деякими загальними закономірностями, які прийнято називати теоремами подібності. Цих теорем три.

**Перша теорема подібності.** У явищах, подібних за тим чи іншим значенням (фізично, математично тощо), можна знайти певне поєднання параметрів, так звані критерії подібності, що мають однакові значення. Варто зазначити, що справедливе й протилежне твердження: якщо критерії подібності чисельно однакові, то і явища подібні.

Перша теорема про подібність справедлива і в складніших випадках, коли рівняння процесів на перший погляд не однакові, але введення

змінюваних масштабів параметрів часу або простору дає можливість встановити відповідність між оригіналом і моделлю. Можливі, наприклад, два випадки подібності: звичайне геометричне, коли куб перетвориться на подібний куб (іншого розміру), і так зване афінне, коли куб перетвориться на паралелепіпед. Можуть реалізовуватися й складніші перетворення, наприклад, коли кулю (глобус) представляють у вигляді площинної моделі (карти); це – конформне перетворення.

**Друга теорема подібності.** Всяке повне рівняння фізичного процесу, записане в певній системі одиниць, можна подати подане у вигляді залежності між безрозмірними співвідношеннями серед тих, що входять у рівняння параметрів, які і є критеріями подібності. Теорема вказує на можливість свого роду заміни змінних і скорочення їх кількості з  $m$  розмірних до  $n$  безрозмірних величин, із переходом до критерійного рівняння. Таким чином, спрощується обробка аналітичних і експериментальних досліджень, оскільки зв'язок між безрозмірними критеріями подібності  $x$  частіш за все простіший. Цей перехід дозволяє розповсюдити результати дослідження, проведеного стосовно конкретного явища, на ряд подібних.

**Третя теорема подібності.** Необхідними й достатніми умовами подібності є пропорційність подібних параметрів, що входять в умови однозначності, й рівності критеріїв подібності явища, що вивчається.

**Види моделей.** Теорія подібності й моделювання, що є, по суті, теорією постановки й обробки експериментальних і аналітичних досліджень, здатна значною мірою забезпечити уникнення виникаючих при цьому труднощів. Проте подібність і моделювання не можуть ставати й не стали окремою наукою, оскільки ці властивості полягають у наявності деякої статичної і динамічної структури, що подібна або розглядається як подібна структура іншої системи. Будь-яка модель, таким чином – це природний або штучний об'єкт, що знаходиться відповідно до об'єкта, який вивчають, або якої-небудь з його сторін.

У процесі вивчення модель слугує відносно самостійним «квазіоб'єктом», що дозволяє одержати деякі відомості про об'єкт, який вивчають. Моделі всіх видів поступово набувають все більшого значення, забезпечуючи проведення наукових досліджень різних процесів, уточнювати теорію роботи різних установок, перевіряти висновки й одержувати більш повне й наочне уявлення, ніж це можна було б зробити тільки на підставі розрахунку. Моделі мають велике значення з погляду навчання, дозволяючи неодноразово відтворювати аварійні режими машин, апаратів і систем, вивчаючи при цьому їх у прискореному часі, необхідному для отримання потрібного досвіду. Моделі забезпечують обробку психологічної сумісності нових машин, апаратів і систем, і людини.

**Кібернетичні моделі** ґрунтуються на отриманні співвідношень між вхідними й вихідними функціями для якогось чорного або сірого ящика, що представляє явище, яке вивчають, без розкриття його внутрішньої структури.

**Квазіаналогові моделі й електронні моделі** здійснюють синтез ланцюгів, що є моделями різних об'єктів, мають особливо велике значення в наш час під час вирішення завдань, які виникають при проектуванні й експлуатації великих систем технічного призначення.

Електронне моделювання дозволяє успішно вирішувати завдання об'єктів і явищ шляхом створення моделі з комбінованих, операційних блоків і проведення синтезу моделей. Набір універсальних комбінаційних операційних блоків дозволяє створювати універсальні й спеціалізовані аналогові машини, пов'язані з універсальними цифровими обчислювальними машинами.

Останнім часом багато уваги приділяють завданням синтезу на відміну від завдань аналізу. Синтез передбачає тільки визначення різновиду процесу за заданих початкових умов, але визначення таких дій на систему (і таке її моделювання), при яких вдалося б виявити різновид і величину дій, що забезпечують в даній системі такий характер процесів, який бажано додати процесам у проектуванні або вже функціонуючій системі.

Модель відкриває великі можливості для перевірки передумови різних співвідношень і припущень, прийнятих при математичному описі різних процесів, що виникають в аварійних умовах, і відтворювати всі дії персоналу в умовах, близьких до природних, необхідних для усунення аварійних ситуацій, тобто здійснити психологічне моделювання операцій. Подібність і моделювання не тільки не суперечать аналітичним методам, що застосовують цифрові обчислювальні машини, але, навпаки, підкріплюють їх, забезпечуючи перевірку аналітичних методів, сприяючи впевненості в їх вживанні.

**Організація й обробка результатів експерименту в критерійній формі.** Величезні швидкості обчислення сучасними обчислювальними машинами забезпечують швидкість аналітичних рішень. Проте при помилках фізичного або формального характеру машина може видати так само швидко й упевнено неправильне рішення. Тому особливого значення набуває апробація програм для обчислювальних машин з погляду коректності закладених у них фізичних положень і правильності неминучих спрощень. Ця перевірка повинна проводитися на підставі методів подібності й моделювання.

Пристрої, призначені для вирішення систем диференціальних і диференціально-різницевих рівнянь, одержали назву неалгоритмічних, оскільки вони на кожному кроці процесу працюють неалгоритмічно, тоді як весь процес визначається як якась послідовність роботи цих пристроїв.

Роль експерименту, а разом з цим і моделювання, збільшується з розвитком і вдосконаленням обчислювальних машин. Експеримент є не тільки шляхом безпосереднього вирішення тих або інших науково-технічних завдань, але й допомагає знаходити найкращий спосіб їх аналітичного вирішення.

Моделі різних видів і призначення (фізичні, аналогові й математичні) повинні застосовуватися спільно й одночасно з цифровими обчислювальними машинами при дослідженні роботи різних технічних систем, аналізі розвитку й керування їх функціонуванням. Тобто в усіх галузях наукових і науково-технічних знань звертають увагу на створення фізико-цифроаналогових комплексів, що забезпечують єдиний багатоаспектний підхід до дослідження. Оцінку достовірності будь-якого дослідження, в тому числі із застосуванням моделювання, дає експеримент, проведений за спеціальною програмою. Критерійна програма проведення експериментів (уявних, математичних або фізичних) дає оцінку результату, що розповсюджується на клас явищ (а не тільки на одиничні явища) у вигляді узагальненої критеріальної залежності, й дозволяє відсіяти вплив сторонніх, випадкових чинників. Особливо добре вирішують завдання, що виникають при вивченні різних складних систем і пов'язані із знаходженням сукупності варійованих чинників, при яких цільова функція екстремальна. Методи планування експерименту дозволяють вирішити це завдання з мінімальним числом дослідів при надійній статистичній інтерпретації на кожному етапі. Переваги спрямованого експерименту, оброблюваного в критерійній формі, взагалі великі й істотні також при квазіаналоговому електронному моделюванні, при всіх різновидах математичного моделювання.

Варто звертати увагу на можливість пошуку функцій правдоподібності, тобто певної математичної форми, що допомагає характеризувати результати експерименту, що проводять як в натурі, так і на будь-яких моделях. Поєднання теорії планування експерименту й теорії подібності дозволяє ввести поняття «критерійна функція відгуку». Тут, на відміну від теорії планування експерименту варіації виконують не в окремих величинах, а в критерійних співвідношеннях. Такого роду співвідношення дозволяють відразу одержувати області доцільних параметрів. Ці області, представлені у вигляді просторів, будуть особливо важливими при дослідженнях складних систем, що проводяться на квазіаналогових електронних та інших моделях. Вирішуючи завдання оптимізації, знаходять області, де є тенденції до певного мінімуму зміни цільової функції. При вивченні великих систем моделювання виступає як потужний засіб безпосереднього зв'язку теорії і досвіду, як інструмент перевірки практикою створюваних теорій і розрахунків методу, як засіб прискорення випробування надійності, перевірки знову сконструйованої апаратури.

Для використання моделювання в технічних, інженерних завданнях істотне значення має автоматизація отримання критеріїв подібності за допомогою обчислювальних машин. Далі моделювання повинне розвиватися при поєднанні методів теорії подібності, планування експерименту, регресійного аналізу, досліджень при неповній інформації вірогідності. Критерійні залежності в поєднанні з методами планування експерименту й статичними методами полегшують завдання оптимізації складних систем.

Збільшення складності й розмірів систем потребує постійного вдосконалення моделювання й перевірки одержаних результатів шляхом експерименту.

Чітко провести будь-який (фізичний або обчислювальний) експеримент, об'єктивно оцінити відомості про процес, що вивчається, і розповсюдити матеріал, одержаний в одному дослідженні, на серію інших досліджень можна тільки при правильній їх постановці й обробці.

Критерійна обробка результатів досліджень дозволяє скоротити число необхідних експериментів за рахунок зменшення числа варійованих чинників, розповсюдити результати кожного з цих експериментів на необмежено великий клас подібних процесів.

Для визначення критеріїв подібності необхідно знати початкові й граничні значення, значення параметрів режиму, що не змінюються і т.д. Критерійне планування експерименту (далі-КПЕ) (теорія планування експерименту) й теорія подібності, що сприяє як найкращій організації експерименту і обробці його результатів, у наш час практично об'єдналися

**Фізична подібність і моделювання.** Визначене завдання може бути здійснене:

- 1) при натурному моделюванні, коли в об'єкт, що досліджується, не вносять змін і не створюють спеціальних установок (виробничий експеримент); при моделюванні, здійснюваному шляхом узагальнення відомостей про явища або окремі процеси, що відбуваються в натурі, тощо;
- 2) на спеціальних моделях і стендах.

Фізична модель (наприклад, енергосистеми) є мініатюрною копією фізично реальної системи. Для всякої моделі завжди чітко формулюється коло завдань, які вирішуватимуть з її допомогою. Це виявляє ті частини системи, що необхідно відтворити на моделі з найбільшою повнотою і точністю, що передбачає теорія подібності (умови дотримання критеріїв подібності) і практична необхідність.

Для проведення такого дослідження необхідно створити модель, що має параметри, при яких критерії подібності моделі однакові з відповідними критеріями подібності оригіналу. Можливі також випадки, коли модель спеціально не споруджують, а замість неї застосовують які-небудь відповідні установки, що забезпечують при експерименті отримання

процесів, «близьких до оригінальних». Потім вибирають найістотніші для цього процесу критерії подібності, для чого заздалегідь оцінюють параметри, що входять у ці критерії.

Відомі критерії дозволяють вибрати масштаби, при яких враховуються як постановка завдання, так і можливості устаткування. Невдалий вибір масштабів може привести до тому, що параметри устаткування моделі відрізнятимуться від розрахункових. Тому кожному дослідженню на моделі повинна передувати ретельна перевірка всіх її параметрів. Перед проведенням експерименту слід заздалегідь перевірити роботу устаткування моделі по окремих її частинах. І тільки після того, як одержано повну впевненість, що всі елементи моделі окремо подібні відповідним елементам оригіналу, можна зібрати модель загалом, дотримуючись граничних умов при об'єднанні її окремих елементів. Підготовлена таким чином модель дає можливість провести експерименти, одержати достовірні дані й обробити їх у критерійних залежностях.

#### **Аналогова подібність та моделювання**

Якщо явища у двох співставлених системах, що мають різну фізичну природу, але деякі важливі для даного дослідження процеси, що відбуваються у двох системах, описуються формально однаковими диференціальними рівняннями, то можна стверджувати, що одна система є **прямою моделлю-аналогом** іншої. Структурне моделювання є різновидом аналогового моделювання, при якому диференціальні рівняння, що описують фізичний процес, представляються окремими елементами. Застосування прямих моделей-аналогів обмежене, оскільки не для всіх завдань можна виявити аналогію і підібрати модель. Щодо цього структурні моделі, які поелементно моделюють окремі математичні операції, більш універсальні й забезпечують більшу точність.

Прикладом електричних моделей прямої аналогії є розрахункові моделі постійного струму, що використовують постійний струм як аналог змінного струму. При цьому електрична схема системи змінного струму відтворюється за допомогою активних опорів, а ЕРС генераторів електростанцій – за допомогою джерел постійного струму. Розрахункові моделі змінного струму частково (для сталого режиму) виявляються фізичними моделями, а частково аналоговими (для перехідного режиму). Досліджувані схеми представляються комплексними опорами й ЕРС із відповідним зрушенням фаз.

### **8.2 Методи підбору емпіричних формул**

На підставі експериментальних даних можна підібрати алгебраїчні вирази, які називають емпіричними формулами. Такі формули підбирають лише у межах виміряних значень аргумента  $x_1 - x_n$ . Емпіричні формули мають тим більшу цінність, чим більше вони відповідають результатам

експерименту. Досвід показує, що емпіричні формули є незамінними для аналізу вимірних величин. До емпіричних формул висувають дві основні вимоги – по можливості вони повинні бути найбільш простими та точно відповідати експериментальним даним у межах зміни аргументу. Таким чином емпіричні формули є приблизним виразом аналітичних. Заміну точних аналітичних виразів приблизними, більш простими називають апроксимацією, а функції апроксимуючими.

Процес підбору емпіричних формул складається з двох етапів. На першому етапі дані вимірів наносять на сітку прямокутних координат, поєднують експериментальні точки плавною кривою і вибирають орієнтовно вид формули. На другому етапі обчислюють параметри формул, які найкраще відповідали б прийнятій формулі. Підбір емпіричних формул необхідно починати з найбільш простих виразів.

Криві, що побудовані за експериментальними точками, вирівнюють за допомогою статистичних методів. Наприклад, методом вирівнювання, який полягає в тому, що криву, яку побудовано за експериментальними точками, представляють лінійною функцією. Для знаходження параметрів заданих рівнянь часто використовують метод середніх та найменших квадратів.

Для дослідження закономірностей між явищами (процесами), які залежать від багатьох факторів, використовують кореляційний аналіз.

У процесі проведення експерименту виникає потреба перевірити відповідність експериментальних даних теоретичним передумовам, тобто перевірити гіпотезу дослідження. Перевірка експериментальних даних на адекватність необхідна також у всіх випадках на стадії аналізу теоретико-експериментальних досліджень. У практиці адекватності використовують різні критерії: Фішера, Пірсона, Романовського.

У процесі експериментальних досліджень виходить статистичний ряд вимірювань двох величин, коли кожному значенню функції  $y_1 \dots y_n$  відповідає певне значення аргументу  $x_1 \dots x_n$ . На підставі експериментальних даних можна підібрати алгебраїчні вирази функції

$$y = f(x), \quad (8.1)$$

які називають **емпіричними формулами**.

Необхідність підбору емпіричних формул виникає у багатьох випадках. Зокрема, якщо аналітичний вираз (8.1) складний, потребує громіздких обчислень, то ефективніше користуватися спрощеною наближеною емпіричною формулою.

Емпіричні формули повинні бути якомога простішими і відповідати експериментальним даним, тому вони наближені до виразів аналітичних формул. Заміну точних аналітичних виразів наближеними, простішими називають апроксимацією, а функції такими, що апроксимують.

Процес підбору емпіричних формул складається з двох етапів. На першому етапі дані вимірювань наносять на сітку прямокутних координат,

сполучають експериментальні точки плавною кривою і вибирають орієнтовно вид формули. На другому етапі обчислюють параметри формул, які найкращим чином відповідали б прийнятій формулі. Підбір емпіричних формул необхідно починати з найпростіших виразів.

Результати вимірювань багатьох явищ і процесів апроксимуються простими емпіричними рівняннями:

$$y = ax + b; y = \frac{a}{x} + b; y = (ax + b)^{\frac{1}{2}}; y = (ax + b)^{-1}; y = \frac{ax}{1 + bx};$$

$$y = be^{ax}; y = ba^x; y = bx^a; y = a \ln x + b; y = x(ax + b)^{-1}.$$

Критерієм визначення емпіричної залежності за числовими даними, що найкраще описує досліджувану залежність, є максимальна величина емпіричного коефіцієнта кореляції  $r$ .

Обчислення коефіцієнта кореляції і параметрів  $a$  і  $b$  виконуємо за допомогою методу найменших квадратів [1–3]. Відповідно до цього методу розглянуті залежності зводимо до лінійного вигляду:

$$Y = AX + B. \quad (8.2)$$

Наприклад, візьмемо функцію виду

$$y = \frac{ax}{1 + bx}. \quad (8.3)$$

Для наведеної залежності характерна наявність двох параметрів (коефіцієнти  $a$ ,  $b$ ). Чисельні значення коефіцієнтів для розглянутої моделі виду (1.3) знайдемо за методом найменших квадратів (МНК) [2].

Після встановлення параметрів  $a$  і  $b$  одержують емпіричну формулу, яка поєднує  $Y$  і  $X$ , що дозволяє встановити функціональний зв'язок між  $x$  і  $y$  та емпіричну залежність. Лінеаризацію кривих можна легко здійснити у напів або логарифмічних координатних сітках, які порівняно широко застосовують при графічному методі підбору емпіричних формул.

Таким чином, апроксимація експериментальних даних прямолінійними функціями дозволяє просто і швидко встановити вигляд емпіричних формул.

### 8.3 Метод найменших квадратів

Метод найменших квадратів – метод обчислення наближеного розв'язку надлишково-визначеної системи. Здебільшого застосовується в регресійному аналізі. На практиці зазвичай використовується лінійний метод найменших квадратів, що використовується у випадку системи лінійних рівнянь. Зокрема важливим застосуванням у цьому випадку є оцінка параметрів у лінійній регресії, що широко застосовується у математичній статистиці і економетриці.

Класичний метод найменших квадратів (МНК) К. Ф. Гаусс створив, спираючись на гіпотезу нормальності похибок спостережень. Проте ця

гіпотеза, як правило, стає неспроможною, якщо кількість багатократних вимірів  $n > 500$ . У цьому випадку похибки описуються симетричним, трипараметричним розподілом Пірсона – Джеффріса, який, як і закон Гаусса, має діагональну інформаційну матрицю і, як показали численні дослідження, може вважатися універсальним законом розподілу похибок великих обсягів. Метою цього дослідження є розроблення еволюційних процедур МНК, адаптованого до закону похибок Пірсона – Джеффріса. Методика вирішення цієї проблеми ґрунтується на аналітичній теорії адаптованих до похибок спостережень вагових функцій, яку ми розробили. Основним результатом роботи є те, що ця теорія перетворює робастне оцінювання із евристичних спроб на справжню науку. Наукова новизна дослідження: вперше показано значення аналізу залишкових похибок з точки зору фішерівської теорії оцінок, що дає змогу окреслити зони сингулярності вагової функції під час застосування МНК.

**Складання звітів про науково-дослідну роботу.** Всі матеріали, отримані в процесі досліджень, розробляють, систематизують і оформляють у вигляді наукового звіту. До нього ставляють такі основні вимоги: чіткість побудови й логічна послідовність викладення матеріалу, стислість і точність формулювань, конкретність викладення результатів роботи, переконливість аргументації й доказовість висновків і рекомендацій. Науковий звіт містить титульний аркуш, список виконавців, реферат, зміст, основну частину звіту, список літератури й додатки. У необхідних випадках у звіт включають перелік скорочень, символів, спеціальних термінів та їх визначень. Основна частина звіту включає: вступ; розділи (глави), що висвітлюють методику, зміст і результати виконаної роботи; висновок (висновки й пропозиції).

### **Запитання до теми 8**

1. Методи моделювання: сутність, класифікація та застосування.
2. Що собою уявляє модель.
3. Методи моделювання.
4. Моделювання різних фізичних явищ та процесів є засобом пізнання, яка основана на теорії подібності (аналогії).
5. Як відбувається процес підбору емпіричних формул?
6. Способи лінеаризації нелінійних залежностей.
7. Послідовність обчислення параметрів множинної регресії матричним способом. Основна ідея методу найменших квадратів. Що показує коефіцієнт кореляції?
8. Як відбувається підготовка наукових матеріалів до опублікування?
9. Розкажіть, будь ласка, про структурні елементи наукової статті.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень : підручник. Київ : АБУ, 2002. 480 с.
2. Рузавин Г. И. Методология научного исследования : учеб. пособие для вузов. М. : Высшая школа, 1999. 317 с.
3. Наринян А. Р. Основы научных исследований : учеб. пособие для вузов. Киев : Вища школа, 2002. 112 с.
4. Фрумкин Р. А. Основы научных исследований : учеб. пособие для вузов. Алчевск : АБУ, 2001. 201 с.
5. Сиденко В. М. Основы научных исследований. Харьков : Вища школа, 2002. 200 с.
6. Філіпенко А. С. Основы наукових досліджень. Конспект лекцій : посібник. Київ : Академвидавництво, 2004. 208 с.
7. Єріна А. М. Методологія наукових досліджень : навч. посібник. Київ : Вища школа, 2004. 212 с.
8. Чорненький Я. Я., Чорненька Н. В., Рибак С. Б. та ін. Основы наукових досліджень. Організація самостійної та наукової роботи студента : навч. посібник. Київ : ВД «Професіонал», 2006. 208 с.
9. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Методологія і організація наукових досліджень : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 142 с.
10. Крутов В. И., Грушко И. М., Попов В. В. та ін. Основы научных исследований : учеб. для техн. вузов / за ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. М. : Высш. шк., 1989. 400 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки з дисципліни  
«Методологія і організація наукових досліджень»

Конспект лекцій

**Чуб** Ірина Миколаївна

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New  
Roman Папір для цифрового друку. Друк  
ризографічний.  
Ум. друк. арк. 2,67. Наклад 20 пр.  
ДБТУ  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44