

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



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

Конспект лекцій
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
галузі знань
G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальності
G3 Електрична інженерія денної та заочної форм навчання

Луцьк 2025

УДК 621.31:658 (07)
М54

До друку
Голова вченої ради
факультету архітектури, будівництва та дизайну _____ О.В. Андрійчук

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозиторій
ЛНТУ
Директор бібліотеки _____ Н.П. Поліщук

Затверджено вченою радою факультету архітектури, будівництва та дизайну
ЛНТУ,
протокол № _____ від «__» _____ 2025 року.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електричної інженерії ЛНТУ,
протокол № _____ від «__» _____ 2025 року.

Завідувач кафедри електричної інженерії _____ Ю.В. Грицюк

Укладач: _____ Л.В. Давиденко, доктор технічних наук, професор
кафедри електричної інженерії ЛНТУ

Рецензент: _____ М.В. Романюк, кандидат технічних наук, доцент
кафедри електричної інженерії ЛНТУ

Відповідальний
за випуск: _____ Ю.В. Грицюк, кандидат технічних наук, доцент,
зав. кафедри електричної інженерії ЛНТУ

Методологія наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці [Текст]: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності 63 Електрична інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. Л.В. Давиденко – Луцьк : ЛНТУ, 2025. – 48 с.

Методичне видання складене відповідно до діючої програми курсу «Методологія наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці». Видання містить теоретичні відомості, необхідні для засвоєння основних положень та набуття практичних навичок з дисципліни.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Наука: основні поняття та класифікація	5
1.1 Наука як система знань	5
1.2 Структурні елементи пізнання	6
1.3 Класифікація наук	6
1.4 Поняття наукової діяльності	7
2. Наукове дослідження та методологічні основи організації наукового дослідження, його завдання та методи	8
2.1 Поняття наукового напрямку наукового дослідження	8
2.2 Вибір теми наукового дослідження	9
2.3 Визначення предмета та об'єкта дослідження. Мета і завдання дослідження	10
2.4 Види типових завдань	11
2.5 Порядок здійснення наукового дослідження. Поняття, функції та структура програми дослідження	11
2.6 Методи різних рівнів наукових досліджень	13
3 Вибір напрямку й планування НДР. Аналіз та оформлення результатів досліджень, формулювання висновків	14
4 Інформаційна база наукового дослідження. Наукова інформація та її джерела	19
5. Теоретичні дослідження	22
5.1 Завдання і структура теоретичних досліджень	22
5.2 Принципи системного підходу	23
5.3 Поняття системи та її властивості	24
5.4 Урахування зовнішнього середовища	28
5.5 Класифікація систем	29
5.6 Зв'язки (потоки). Види зв'язків	30
5.7 Структура системи	31
6. Експериментальні дослідження	31
6.1 Сутність експерименту, загальні вимоги до проведення	31
6.2 Класифікація експериментів	32
6.3 Етапи підготовки наукового експерименту	35
6.4 Класична методика планування експериментальних досліджень	36
7 Поняття моделі та методу моделювання	36
7.1 Основні постулати моделювання	36
7.2 Сутність моделі об'єкту	38
7.3 Класифікація методів математичного моделювання	39
7.4 Класифікація моделей	43
Список рекомендованої літератури	46

ВСТУП

В Україні однією зі складових забезпечення економічного зростання є впровадження інноваційної моделі розвитку. Саме такий шлях надає можливість нашій країні зайняти вагоме місце у світовому співтоваристві. На сучасному етапі розвитку суспільства відбувається формування нового інформаційного укладу життя людини і його професійної діяльності. Особлива роль у цьому процесі відводиться вищій професійній освіті, яка покликана вирішувати проблему підготовки майбутнього фахівця до життя і діяльності в абсолютно нових для нього умовах інформаційного світу.

Сучасні інституціональні перетворення в науці як сфері пізнавальної діяльності людини, усвідомлення завдань і функцій науки, критеріїв визнання результатів наукової діяльності обумовлюють необхідність удосконалення та подальшого розвитку процесу наукових досліджень, який забезпечує вироблення наукових знань. Важливим напрямом наукової діяльності є наукові дослідження у вищих навчальних закладах, що формують інтелектуальний потенціал країни, сприяють забезпеченню якісно нового змісту компетенцій сучасних висококваліфікованих фахівців, які є провідниками прогресивних змін у практичній діяльності суб'єктів господарювання.

У сучасній науці панує принцип *емпіричного раціоналізму*, що передбачає безпосереднє проведення експерименту і базується на постулаті пізнання світу, передусім можливості його покращення за допомогою знання. Наукове дослідження - надзвичайно складний процес зі своїми законами, методологією і методикою проведення. Саме тому підготовка у вищій школі сучасного магістра або доктора філософії (кандидата наук) потребує не тільки формування в нього енциклопедичних, спеціальних і світоглядних знань, а й обов'язкового вироблення відповідних творчих навичок та вмій.

Успішне оволодіння молодими вченими як методико-методологічними принципами проведення дослідження, так і навичками творчої роботи допомагає їм у подальшому в ефективній професійній діяльності.

1 Наука: основні поняття та класифікація

1.1 Наука як система знань

Наука - це система знань об'єктивних законів природи, суспільства та мислення, що розвивається безупинно. Ця система знань опановується людиною за допомогою відповідних методів пізнання і виражається в точних поняттях, істинність яких перевіряється і доводиться суспільною практикою.

Це визначення науки можна розкласти на кілька значень.

Наука характеризується такими *ознаками*: наявністю систематизованих знань (ідей, теорій, концепцій, законів, принципів, гіпотез, фактів); наявністю наукової проблеми, об'єкта і предмета дослідження; всі процеси, що вивчаються, мають практичну значимість.

Факти систематизують і узагальнюють за допомогою найпростіших *абстракцій* - понять (визначень), що є важливими структурними елементами науки. Найбільш широкі поняття називають *категоріями*. Це самі загальні абстракції. До категорій відносяться філософські поняття про форму і зміст явищ. Важлива форма знань - принципи (постулати), аксіоми.

Основна ознака і *головна функція науки* - одержання знань про об'єктивний та суб'єктивний світи, збагнення об'єктивної істини. Тобто, *мета науки* - пізнання законів розвитку природи та суспільства і вплив на них на основі використання отриманих знань для одержання корисних суспільству результатів.

Завдання науки: збір, опис, аналіз, узагальнення і пояснення фактів; виявлення законів руху природи, суспільства, мислення і пізнання; систематизація отриманих знань; пояснення сутності явищ і процесів; прогнозування подій, явищ і процесів; встановлення напрямків і форм практичного використання отриманих знань.

Науки розрізняються за предметом і об'єктом дослідження.

Предмет науки - це сторона, якою об'єкт представлений у науці.

Об'єкт дослідження - це сторона реальності, на вивчення якої спрямована дана наука. Кожній науці властиві свої поняття, засоби й методи.

Якщо науку розглядати з погляду взаємодії суб'єкта і об'єкта пізнання, то вона містить у собі наступні *елементи*:

1. *Об'єкт* - те, що вивчає конкретна наука, те на що спрямоване наукове пізнання;

Об'єктом наукового дослідження є навколишній матеріальний світ та форми його відображення у свідомості людей, які існують незалежно від нашої свідомості, відбираються відповідно до мети дослідження. Досліджувати можна не лише емпіричний об'єкт, а й теоретичний.

2. **Суб'єкт** - науковці, вчені та науково-педагогічні працівники, а також наукові установи, наукові організації, вищі навчальні заклади III-IV рівнів акредитації, громадські організації у сфері наукової та науково-технічної діяльності.

3. **Наукова діяльність суб'єктів** - застосування визначених прийомів, операцій, методів для пізнання об'єктивної істини та виявлення законів дійсності.

1.2 Структурні елементи пізнання

Пізнання - це рух людської думки від незнання до знання, воно може бути *чуттєвим і раціональним*.

Чуттєве пізнання є наслідком безпосереднього зв'язку людини з оточуючим середовищем і реалізується через елементи чуттєвого пізнання: відчуття, сприйняття, представлення та уявлення.

Раціональне пізнання - опосередковане і узагальнене відображення в мозку людини суттєвих властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами і явищами. Формою раціонального пізнання є абстрактне мислення, різні міркування людини, структурними елементами яких є поняття, судження, умовивід.

Наукові знання являють собою систему взаємозалежних понять, які відображають закономірний процес розвитку природи та суспільства.

Поняття - це вища форма думки, що відображає предмети і явища матеріального світу в їх загальних і конкретних ознаках. Поняття є основними ланками, за допомогою яких створюється система наукового знання. За допомогою понять, які відображають загальні та істотні ознаки предметів, людина усвідомлює суть речей і явищ.

Судження - це така форма мислення, за допомогою якої зв'язують поняття, стверджуючи або заперечуючи наявність у предметів і явищ якихось властивостей. Шляхом зіставлення декількох понять ми судимо про самі предмети і явища.

Умовиводом (висновком) називається така форма мислення, коли з одного або декількох суджень, що відображають зв'язок і відношення предметів об'єктивного світу, виводиться нове судження, в якому міститься нове знання про предмети та явища.

1.3 Класифікація наук

Наука, як складна система, має досить велику кількість властивих ознак, тому існують різні класифікації, які розглядають науку виходячи з однієї (декількох) ознак.

Найбільшу популярність одержала класифікація наук, яка виходить

з розвитку матерії, що рухається від нижчого до вищого. При цьому виділяють *механіку, фізику, хімію, біологію, соціальні науки*.

У *статистичних збірниках* виділяють такі сектори науки: академічний; галузевий; вузівський; заводський.

Залежно від сфери, предмету, об'єкту і методу пізнання розрізняють: науки про природу - природні; науки про суспільство - гуманітарні і соціальні; науки про мислення і пізнання - логіка, гносеологія тощо.

Саме матеріальні об'єкти природи визначають існування багатьох галузей знань, що сьогодні об'єднанні у три великі групи наук, які розрізняються за предметами та методами дослідження:

1. *Природничі* - науки, предметом яких є різні види матерії і форми їхнього руху, їх взаємозв'язки та закономірності (фізика, хімія, біологія, географія та ін.).

2. *Суспільні* - науки, предметом яких є дослідження соціально-економічних, політичних та ідеологічних закономірностей розвитку суспільних відносин (економічні, філологічні, філософські, логічні, психологічні, історичні, педагогічні науки та ін.).

3. *Технічні* - науки, предметом яких є дослідження конкретних технічних характеристик і їх взаємозв'язків (технологія продовольчих продуктів, технологія бродильних виробництв, машинобудування і т.д.).

1.4 Поняття наукової діяльності

Наукова (науково-дослідна) діяльність - діяльність, спрямована на одержання й застосування нових знань, у тому числі:

- фундаментальні наукові дослідження - експериментальна або теоретична діяльність, спрямована на отримання нових знань про основні закономірності побудови, функціонування й розвитку людини, суспільства, навколишнього природного середовища;

- прикладні наукові дослідження - дослідження, спрямовані переважно на застосування нових знань для досягнення практичних цілей і вирішення конкретних завдань.

Науковий пошук фундаментального характеру, спрямований на підвищення рівня наукових знань та на відкриття нових законів природи, пов'язаний із новими оригінальними ідеями. Фундаментальні науки пізнають світ безвідносно до можливостей практичного застосування, а прикладні науки орієнтовані на застосування знань, отриманих фундаментальними дослідженнями.

Науково-технічна діяльність - діяльність, спрямована на отримання, застосування нових знань для вирішення технологічних, інжене-

рних, економічних, соціальних та інших проблем, забезпечення функціонування науки, техніки й виробництва як єдиної системи.

Експериментальні розробки - діяльність, що базується на знаннях, набутих у результаті проведення наукових досліджень або на основі практичного досвіду, і спрямована на збереження життя й здоров'я людини, створення нових матеріалів, продуктів, процесів, пристроїв, послуг, систем або методів і їхнє подальше вдосконалювання.

Науковий і науково-технічний результат - продукт наукової або науково-технічної діяльності, що містить нові знання або рішення, зафіксований на будь-якому інформаційному носії.

Державна науково-технічна політика - система цілей, напрямків, способів і форм впливу держави на отримання нових наукових результатів, створення й освоєння нової техніки й технологій. Держава розглядає науку і її науковий потенціал як національне надбання, що визначає майбутнє нашої країни.

2. Наукове дослідження та методологічні основи організації наукового дослідження, його завдання та методи

2.1 Поняття наукового напрямку наукового дослідження

Науковий напрям – це наука або комплекс наук, у межах яких виконується певна наукова робота, яка спрямована на вивчення певних фундаментальних, теоретичних і експериментальних завдань у відповідній галузі. Розрізняють технічні, біологічні, історичні та інші напрями з можливою їх деталізацією.

Структурні одиниці наукового напрямку: наукові комплексні проблеми (сукупність проблем, які мають одну мету); наукові проблеми (сукупність складних теоретичних і практичних завдань, розв'язання яких назріло в певній галузі науки); наукові теми (складові частини проблеми або визначене коло наукових питань); наукові питання (складові частини теми або окремі завдання конкретної теми).

За напрямом розвитку виробництва наукові роботи спрямовані на: створення нових технологічних процесів, машин, апаратів тощо; підвищення ефективності виробництва; поліпшення виробничих відносин та організації виробництва.

За ступенем важливості: найважливіші, що координуються на державному рівні; роботи, що виконуються Академією наук; роботи, що виконуються галузевими науковими установами.

За науковим рівнем: фундаментальні; прикладні; дослідно-конструкторські розробки.

За джерелом фінансування: держбюджетні; договірні.

2.2 Вибір теми наукового дослідження

Проблема – форма наукового пізнання, у якій констатується недостатність досягнутого до даного моменту рівня знання. Проблему наукових досліджень вибирають, виходячи з фахової готовності та зацікавленості: планів науково-дослідних робіт установи (науково-дослідної тематики, що передбачається планами галузевих міністерств, відомств, академій наук, закладів освіти, тематичних завдань, замовлень на проведення досліджень); цільових комплексних, галузевих і регіональних науково-технічних програм.

Наукова проблема – питання, що потребує наукового вирішення; сукупність нових складних теоретичних або практичних питань, які суперечать існуючим знанням або прикладним методикам у конкретній науці та потребують вирішення за допомогою наукових досліджень.

Тема дослідження – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або кілька питань дослідження; відображає проблему в її характерних рисах, окреслює межі дослідження, конкретизуючи основний задум та створюючи передумови успіху роботи в цілому.

Тема формується на основі загального ознайомлення з проблемою, в межах якої буде проводитись дослідження. Процес формування теми дослідження включає такі етапи: вибір теми; обґрунтування, уточнення теми; конкретизація теми; затвердження теми. Тему дослідження обирають з урахуванням умов, наведених нижче.

Актуальність. Дослідницька робота повинна бути актуальною, тобто скерованою на розв'язання конкретних і корисних завдань, які є важливими у даному напрямі науки. Визначення актуальності теми базується на вивченні спеціальної періодичної літератури та виробництва, участі у виставках, конференціях тощо.

Рівень інтересу до проблеми. Одним із критеріїв перспективності обраного напрямку дослідження є застосування найпростіших наукометричних досліджень. Термін «наукометрія» означає науку, яка займається кількісним описом власне науки. Оскільки наука – це, перш за все, одержання нової інформації, наукометричні дослідження присвячені вивченню проблем накопичення і передачі інформації. Дослідження можуть виконуватись на основі аналізу науково-технічної літератури, яка стосується певної проблеми.

Попередній теоретичний та інженерний розрахунки. Перед початком досліджень необхідно вивчити теоретичні засади певної проблеми і провести попередні теоретичні розрахунки (якщо це можливо). Це дозволяє виявити ті елементи проблеми, які ще недостатньо розроблені, і намітити план подальших досліджень.

Матеріальна база. Після того, як тема початково сформульована, уточнюється матеріальна база, необхідна для виконання роботи.

Точність вимірювань. Необхідно оцінити межі використання результатів, і це дасть відповідь на вимоги щодо точності вимірювань.

Терміни виконання. Повинні бути встановлені реальні терміни виконання роботи. Затягування дослідження призводить до того, що результати отримують інші дослідники або вони стають неактуальними.

Зацікавлені особи. Необхідно визначити коло організацій і осіб, які зацікавлені в результатах роботи і можуть допомогти у її виконанні.

2.3 Визначення предмета та об'єкта дослідження. Мета і завдання дослідження

Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію і обирається для вивчення.

Предмет дослідження – явище або процес, що знаходиться в межах об'єкта та розглядається як елемент, частина об'єкта дослідження.

Об'єкт і предмет дослідження, як категорії наукового процесу співвідносяться між собою, як загальне і часткове. В об'єкті виділяється його частина, яка є предметом дослідження. Предмет дослідження визначає тему наукового дослідження.

Мета дослідження полягає у вирішенні наукової проблеми шляхом удосконалення вибраної сфери діяльності конкретного об'єкта.

Мета дослідження – це кінцевий результат дослідження, на досягнення якого воно спрямоване.

Мета конкретизується та розвивається у **завданнях дослідження**.

Завдання підпорядковуються основній меті і спрямовані на послідовне її досягнення. Вони не можуть формулюватись як «вивчення», «ознайомлення», «дослідження» тощо, оскільки таким чином вказують не на результат наукової розробки, а на окремі технологічні процеси. Завдання дослідження визначають для того, щоб більш конкретно реалізувати його мету.

Завдання наукового дослідження, як правило, полягають у:

– вирішенні теоретичних питань, які пов'язані з проблемою дослідження (введення до наукового обігу нових понять, розкриття їх сутності і змісту; розроблення нових критеріїв і показників; розроблення принципів, умов і факторів застосування окремих методик і методів);

– виявленні, уточненні, поглибленні, обґрунтуванні суттєвості, природи, структури об'єкта, що вивчається; виявленні тенденцій і закономірностей процесів; аналізі реального стану предмета дослідження, динаміки, внутрішніх протиріч розвитку;

– виявленні шляхів та засобів удосконалення явища, процесу, що досліджується; обґрунтуванні системи заходів, необхідних для вирішення прикладних завдань;

– експериментальній перевірці розроблених пропозицій щодо розв'язання проблеми.

2.4 Види типових завдань

Фізичне завдання – виявлення закономірностей механічних, електричних, хімічних, теплових явищ, що впливають на якість технологічних процесів, енерговитрати, матеріали.

Завдання з ідентифікації (опису) – математичний опис причинних зв'язків між вхідними, змінними і вихідними характеристиками різноманітних процесів.

Завдання з оптимізації – знаходження оптимального співвідношення вхідних змінних для забезпечення заданих вимог до процесу.

Пошукове завдання – знаходження найбільш ефективного шляху, що веде до задоволення вимог, які виникають.

Виробничі завдання – випробування нових конструкцій обладнання; знаходження оптимальних міжремонтних періодів під час експлуатації обладнання та ін.

Фундаментальні дослідження – спрямовані на розв'язання фізичних задач, які дозволяють відкрити нові явища і закономірності під час проведення досліджуваних процесів.

Пошукові дослідження – пошук шляхів створення нової технології й техніки та нових способів, запропонованих на основі фундаментальних досліджень.

Прикладні дослідження – розв'язують завдання ідентифікації та оптимізації й спрямовані на досягнення конкретної, практичної мети.

Промислові дослідження – виконуються безпосередньо на виробництві. Коли з числа наведених вище завдань визначено тип завдання науково-дослідної роботи, тоді можна ґрунтовно розробляти план послідовного виконання досліджень.

2.5 Порядок здійснення наукового дослідження. Поняття, функції та структура програми дослідження

Проведення дослідження започатковується розробкою програми.

Програма дослідження – це документ, який регламентує всі етапи, стадії підготовки, організації та проведення конкретного дослідження. Програма дослідження містить теоретичні обґрунтування методологіч-

них підходів і методичних прийомів вивчення певного явища або процесу. Програма визначає проблему, мету, завдання дослідження, методи їх вирішення, а також основні шляхи і форми впровадження в практику очікуваних результатів.

Створення програми розпочинається з розробки концепції дослідження, яка визначає його основну ідею. Концептуальні положення дослідження фіксують у методологічному розділі програми.

Методологічний розділ включає: проблемну ситуацію, яка зумовлює необхідність проведення дослідження (чому проводиться); вибір теми дослідження; визначення об'єкта і предмета дослідження; структурний (логічний) аналіз об'єкта; визначення мети і основних завдань дослідження; обґрунтування робочих гіпотез (гіпотези не є обов'язковим елементом програми).

Методико-процедурний розділ містить: методику дослідження (методи збирання, обробки та аналізу даних); формування вибіркової сукупності (тип вибірки, структура вибіркової сукупності, обсяг вибірки); інструментарій для збору інформації.

Програма повинна включати розділ експериментальних досліджень. Завершується експеримент переходом від емпіричного вивчення до обробки отриманих даних, логічних узагальнень, аналізу і теоретичної інтерпретації отриманого фактичного матеріалу.

Результати наукового дослідження подаються у вигляді підсумкового документа: інформації, інформаційної записки, аналітичної записки чи звіту про науково-дослідну роботу.

Для оптимізації роботи, щоб при найменших затратах отримати найкращі результати, необхідне планування наукового дослідження. Робочий план становить основу, визначає загальну спрямованість дослідження та послідовність його проведення. Структура плану визначається обсягом і складністю дослідження. План може складатись із остаточно сформульованих пунктів, які повністю відображають їх змістовне наповнення, або тез, що в основних рисах характеризують положення дослідження. План доцільно будувати за такою схемою: вступ, розділи, параграфи, висновки, список використаної літератури, додатки.

Етапи виконання науково-дослідної роботи:

- формулювання теми (ознайомлення з проблемою, складання техніко-економічного обґрунтування, попереднє визначення очікуваного економічного ефекту від впровадження);

- формулювання мети і завдань дослідження (літературний огляд, зіставлення і критика проблемної інформації, узагальнення і висвітлення стану питання за темою);

- теоретичні дослідження (вивчення фізичної суті явища, формулювання гіпотези, вивід математичних залежностей, 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, зіставлення 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).

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.

2.6 Методи різних рівнів наукових досліджень

Залежно від мети, завдання досліджень і необхідних результатів, методи наукового пізнання умовно поділяють на декілька рівнів: емпіричний, експериментально-теоретичний, теоретичний і метатеоретичний.

Методи емпіричного рівня: спостереження, порівняння, рахунок, вимірювання, тести, метод проб і помилок та ін. Методи цієї групи конкретно пов'язані з явищами, що вивчаються, і використовуються на етапі формування наукової гіпотези.

Методи експериментально-теоретичного рівня: експеримент, аналіз і синтез, індукція і дедукція, моделювання, гіпотетичний, історичний та логічний методи. Вони допомагають досліднику виявити ті чи інші достовірні факти та об'єктивні прояви під час дослідження процесів. За допомогою цих методів здійснюється накопичення фактів та їх перехресна перевірка, систематизація..

Методи теоретичного рівня: абстрагування, ідеалізація, формалізація, аналіз і синтез, індукція і дедукція, аксіоматика, узагальнення та ін. На теоретичному рівні проводяться логічні дослідження зібраних фактів, розробка понять, суджень та виконання умовиводів.

До методів **метатеоретичного** рівня відносять тільки діалектичний метод і метод системного аналізу. З допомогою цих методів досліджуються теорії й розробляються шляхи їх побудови, вивчається система положень і понять певної теорії, з'ясовуються межі її застосування, способи запровадження нових понять, обґрунтовуються шляхи синтезу декількох теорій.

У процесі розвитку технічних наук наукові дослідження виконуються на двох рівнях: емпіричному та теоретичному.

На **емпіричному рівні** здійснюються спостереження за об'єктами, фіксуються факти, проводяться експерименти, виявляються емпіричні співвідношення та закономірні зв'язки між окремими явищами.

На теоретичному рівні створюються системи знань, теорії, в яких розкриваються загальні та необхідні зв'язки, формулюються закони в їх системній єдності та цілісності.

На емпіричному рівні пізнавальною функцією є описова характеристика явищ, а результатом – наукові факти, певна сумативність знань, сукупність емпіричних узагальнень, встановлення закономірних зв'язків між окремими явищами.

На **теоретичному рівні** досліджень головним завданням є розкриття суттєвих причин та зв'язків між явищами, а пізнавальною функцією – пояснення явищ у формі законів, теорій, теоретичних систем та системних законів. На цьому рівні домінує раціональне пізнання.

3 Вибір напрямку й планування науково-дослідної роботи. Аналіз та оформлення результатів досліджень, формулювання висновків

Хід наукового дослідження можна представити у вигляді схеми:

1. Визначення об'єкта й предмета дослідження, вибір теми.
2. Обґрунтування актуальності обраної теми.
3. Постановка мети й конкретних завдань дослідження.

4. Вибір методу (методики) проведення дослідження.
5. Опис процесу дослідження.
6. Обговорення результатів дослідження.
7. Формулювання висновків й оцінка отриманих результатів.

Формулювання теми наукового дослідження

Підготовчим етапом науково-дослідної роботи є вибір теми наукового дослідження. Тема науково-дослідної роботи може бути віднесена до певного наукового напрямку або до наукової проблеми.

Під науковим напрямком розуміють сферу наукових досліджень наукового колективу, присвячених вирішенню будь-яких великих, фундаментальних теоретичних і експериментальних завдань у певній галузі науки. Структурними одиницями напрямку є комплексні проблеми, проблеми, теми і питання. Комплексна проблема містить кілька проблем.

Наукова проблема - це сукупність складних теоретичних або практичних завдань; сукупність тем науково-дослідної роботи. Проблема охоплює значну галузь дослідження й має перспективне значення. Проблема може бути галузевою, міжгалузевою, глобальною. Проблема складається з ряду тем.

Тема - це наукове завдання, що охоплює певну сферу наукового дослідження. Вона базується на численних дослідницьких питаннях. Під науковими питаннями розуміють більш дрібні наукові завдання, що стосуються конкретної сфери наукового дослідження.

Теми можуть бути теоретичними, практичними й змішаними. Теоретичні теми розробляються переважно з використанням літературних джерел. Практичні теми розробляються на основі вивчення, узагальнення й аналізу фактів. Змішані теми поєднують у собі теоретичний і практичний аспекти дослідження.

При розробленні теми або питання висувається конкретне завдання в дослідженні - розробити нову конструкцію, прогресивну технологію, нову методику й т.д.

Постановка (вибір) проблем або тем містить у собі ряд етапів. Перший етап - формулювання проблем. На основі аналізу протиріч досліджуваного напрямку формулюють основне питання - проблему й визначають загалом очікуваний результат. Другий етап містить у собі розроблення структури проблеми. Виділяють теми, підтеми, питання. Композиція цих компонентів повинна становити дерево проблеми (або комплексної проблеми). З кожної теми виявляють орієнтовну область дослідження. На третьому етапі встановлюють актуальність проблеми, тобто цінність її на даному етапі для науки й техніки. Для цього з кожної теми

виставляють кілька заперечень і на основі аналізу, методом дослідницького наближення, виключають заперечення на користь реальності даної теми. Після такого "очищення" остаточно складають структуру проблеми й позначають умовним кодом теми, підтеми, питання. Після обґрунтування проблеми й встановлення її структури науковець (або колектив) розпочинає вибір теми наукового дослідження.

До теми висувають ряд вимог. Тема повинна бути актуальною, тобто важливою, що потребує вирішення в даний час. Тема повинна вирішувати нову наукову задачу. Тема повинна бути економічно ефективною й мати значущість.

Обґрунтування актуальності обраної теми

Актуальність (від лат. actualis - фактично існуючий - справжній, сучасний) - це значущість, важливість досліджуваної проблеми в суспільному житті й обґрунтування причин, за якими обрана дана тема досліджень. Актуальність теми - ступінь її важливості в даний момент і у даній ситуації для вирішення даної проблеми (завдання, питання).

Головне - показати суть проблемної ситуації, з чого й буде видна актуальність теми. Актуальність теми розкривається як актуальність об'єкта дослідження й предмета дослідження.

Актуальність теми наукового дослідження обґрунтовується в науковому й прикладному значеннях. Актуальність у науковому аспекті означає, що: завдання фундаментальних наук вимагають розроблення даної теми для пояснення нових фактів; уточнення, розвиток і вирішення проблеми наукового дослідження можливі й гостро необхідні в сучасних умовах; теоретичні положення наукового дослідження дозволять зняти існуючі розбіжності в розумінні процесу або явища; гіпотези й закономірності, висунуті в науковому дослідженні, дозволяють узагальнити відомі раніше та отримані емпіричні дані, спрогнозувати перебіг процесів.

Актуальність теми у прикладному аспекті означає, що: завдання прикладних досліджень вимагають розроблення питань з даної теми; існує нагальна потреба вирішення завдань наукового дослідження для потреб суспільства, практики та виробництва; наукові дослідження з даної теми істотно підвищують якість розробок творчих і наукових колективів у певній галузі знань; нові знання, отримані в науковому дослідженні, сприяють підвищенню кваліфікації кадрів або можуть увійти в навчальні програми навчання студентів.

Визначення об'єкта й предмета дослідження

Об'єкт дослідження являє собою знання, що породжують проблемну ситуацію, об'єднане в певному понятті або системі понять, і визначається як сфера наукових пошуків даного дослідження.

Предмет дослідження можна визначити як нове наукове знання про об'єкт дослідження, що отримує автор у результаті наукових пошуків. До складу предмета дослідження може увійти й інструмент отримання цього нового наукового знання про об'єкт дослідження, якщо він має істотні ознаки новизни. Предмет дослідження, як правило, перебуває у межах об'єкта дослідження.

Постановка мети й конкретних завдань дослідження

Від доказу актуальності обраної теми логічно перейти до формулювання мети дослідження, а також вказати на конкретні завдання, які треба вирішувати відповідно до цієї мети.

Постановку завдань наукового дослідження можна представити у вигляді таких етапів.

1. *Виявлення потреби у вирішенні конкретного наукового завдання.*
2. *Встановлення потреби у проведенні наукового дослідження.*
3. *Визначення та ранжирування цілей наукового дослідження.*
4. *Систематизація предметної області дослідження.*
5. *Визначення умов і обмежень.*
6. *Визначення завдань наукового дослідження.*

У дослідженні, як правило, формулюється кілька завдань, що пов'язані з різними аспектами загальної проблеми: необхідністю розвитку теоретичних положень предмета дослідження, проведенням випробувань, розробленням нових методів, розробленням рекомендацій з використання нових знань та ін.

Вибір методу (методики) проведення дослідження

Важливим етапом наукового дослідження є вибір методів проведення дослідження, які слугують інструментом у здобутті фактичного матеріалу, будучи необхідною умовою досягнення поставленої мети. У методології технічних наук використовуються різні методи, що враховують специфіку предмета й об'єкта вивчення. Найважливіші з них такі:

- системний підхід, що дозволяє розкрити різноманіття проявів досліджуваного об'єкта, визначити місце предмета дослідження в розроблювальній галузі науки;

- проектний метод, що визначає цілісність дослідження, стадії і порядок його розроблення;

- абстрактно-логічний метод, що використовується для побудови теорії, включає різноманітні прийоми й операції: аналіз і синтез, дедукцію й індукцію, сходження від конкретного до абстрактного, і навпаки, аналогію, формальну логіку, гіпотетичне припущення й ін.;

- моделювання як метод дослідження структури, основних властивостей, законів розвитку і взаємодії об'єкта моделювання;

- емпіричний метод, пов'язаний з постановкою експериментальних перевірок теорії і спостережень за еволюцією природних і технічних процесів;

- статистико-імовірнісний метод - дає можливість реалізувати кількісний підхід до вивчення наукових даних у єдності з якісним аналізом;

- монографічний метод - має переважно описовий характер, але є цінним при всебічному, деталізованому вивченні об'єкта або явища.

Методологічно витримане наукове дослідження характеризується:

- коректною, науково обґрунтованою постановкою проблеми дослідження, що не просто існує в теорії, але може бути розроблена практично з отриманням наукових результатів, що мають ознаки новизни, корисності й вірогідності;

- побудовою предмета дослідження як сукупності взаємозалежних підпроблем, при цьому вивчення висунутих питань забезпечується не тільки у статиці, але й у динаміці;

- побудовою теорії, за допомогою якої предмет дослідження (досліджувану проблему) можна описати, пояснити, розкрити внутрішній механізм явищ і протиріч, спрогнозувати розвиток процесу, видати рекомендації з удосконалювання;

- забезпеченням єдності теорії й практики, що розуміється в тому сенсі, що створена автором теоретична концепція повною мірою використовується для аналізу практики й експериментальних даних, формулювання нових рекомендацій;

- закінченістю й цілісністю дослідження, що набуває властивостей системи, у якій кожна окремо взята частина може бути зрозуміла й пояснена з позицій цілого, а ціле здатне існувати й виконувати свої функції лише на базі своїх компонентів;

- вірогідністю отриманих наукових результатів, доведеною й перевіреною всіма можливими в кожному конкретному випадку теоретичними методами, експериментальними дослідженнями й практичними спостереженнями.

Формулювання висновків та оцінка отриманих результатів

Схема подання висновків може бути такою. Спочатку перелічуються результати, представлені в даному дослідженні, - цим окреслюється розглянутий предмет наукового дослідження. Потім один або кілька пунктів можуть більш глибоко розкривати нове наукове знання, давати уточнення, що визначає його унікальність і відмінність від відомих положень. У висновках може підтверджуватися вірогідність й обґрунтованість наукових положень, корисність їхнього практичного використання. Між пунктами висновків має бути зв'язок, послідовність, ієрархія

за ступенем важливості.

Новизна результатів і тема дослідження органічно пов'язані. При цьому повинна існувати гіпотеза новизни дослідження, що забезпечує вихід на коло питань, що призводять до утворення ядра дослідження, що має істотні ознаки новизни, оригінальності.

Наукова новизна - головна вимога до наукових результатів. Науковий результат повинен містити нове вирішення наукового завдання, що має істотне значення для відповідної галузі знань, або нові науково обґрунтовані розробки, що забезпечують вирішення важливих прикладних завдань економіки або обороноздатності.

Елементи новизни, які можуть бути представлені в результатах дослідження: новий об'єкт дослідження, тобто завдання, поставлене в дослідженні, розглядається вперше; нова постановка відомих проблем або завдань (зняті допущення, прийняті нові умови); новий метод вирішення; нове застосування відомого рішення або методу; нові наслідки з відомої теорії в нових умовах; нові результати експерименту, їхні наслідки; нові або вдосконалені критерії, показники і їхнє обґрунтування; розроблення оригінальних математичних моделей процесів і явищ; розроблення пристроїв і способів на рівні винаходів і корисних моделей.

Оформлення результатів дослідження. Основні форми викладу матеріалу наукового дослідження: монографія, наукова стаття, доповідь, тези доповіді, підручник, навчальний посібник, автореферат, анотація, дисертація, авторське свідоцтво, патент, науковий звіт.

Відкриття - це встановлення науково обґрунтованого факту, раніше не відомого. Удосконалення способу чи продукту (пристрою тощо) вважається винаходом. Об'єктом винаходу може бути: продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму тощо); спосіб. Об'єктом корисної моделі може бути конструктивне виконання пристрою. Оформлення і реєстрація винаходів регламентується нормативними документами.

4 Інформаційна база наукового дослідження. Наукова інформація та її джерела

Розумова праця в будь-якій формі завжди пов'язана з пошуком інформації. Поняття підготовленості щодо цього складається з таких основних елементів: чіткого уявлення про загальну систему інформаційних ресурсів і тих можливостей, які дає використання інформаційних джерел своєї області; знання усіх можливих джерел інформації зі своєї спеціальності; вміння вибрати найбільш раціональну схему пошуку відповідно до його завдань і умов; наявності навичок у використанні допоміжних бібліографічних та інформаційних матеріалів.

Інформація має властивість "старіти".

Наукова інформація - це логічна інформація, що отримується в процесі пізнання, яка адекватно відображає закономірності об'єктивного світу й використовується в суспільно- історичній практиці. З визначення випливає, що науковою можна вважати тільки ту інформацію, що задовольняє декілька серйозних вимог. По-перше, наукова інформація отримується людиною у процесі пізнання і, отже, нерозривно пов'язана з її практичною, виробничою діяльністю, оскільки остання є основою пізнання. По-друге, наукова інформація - це логічна інформація, що утворюється шляхом обробки інформації, яка надходить до людини через органи чуттів, за допомогою абстрактно-логічного мислення. Вона повинна адекватно відображати об'єктивний світ.

Під «джерелом наукової інформації» розуміється не бібліотека або інформаційний орган, звідки отриманий документ, а саме документ, що містить якесь повідомлення. Документальні джерела містять у собі основний обсяг відомостей, що використовуються у науковій, викладацькій і практичній діяльності. До документів належать різні видання, що є основним джерелом наукової інформації. Видання - це документ, призначений для поширення інформації, що міститься в ньому, який пройшов редакційно-видавничу обробку, отриманий друкуванням або тисненням, поліграфічно самостійно оформлений та має вихідні відомості.

Під *науковим* розуміють видання, що містить результати теоретичних й/або експериментальних досліджень, а також науково підготовлені до публікації пам'ятники культури й історичні документи. Наукові видання можна розділити на такі види: монографія, автореферат, дисертація, препринт, збірник наукових праць, матеріали наукової конференції, тези доповідей наукової конференції, науково-популярне видання.

Монографія - наукове або науково-популярне книжкове видання: містить повне і всебічне дослідження однієї проблеми або теми; належить одному або декільком авторам.

Автореферат дисертації - наукове видання у вигляді брошури, що містить складений автором реферат проведеного ним дослідження, що подається на здобуття наукового ступеня.

Препринт - наукове видання, що містить попередні матеріали, опубліковані до виходу у світ видання, у якому будуть розміщені.

Збірник наукових праць - збірник, що містить дослідницькі матеріали наукових установ, навчальних закладів або товариств.

Тези доповідей наукової конференції - науковий неперіодичний збірник, що містить опубліковані до початку конференції матеріали попереднього характеру: анотації, реферати доповідей й/або повідомлень.

Матеріали наукової конференції - науковий неперіодичний збірник, що містить підсумки наукової конференції (програми, доповіді, рекомендації, рішення).

Науково-популярне видання - видання, що містить відомості: про теоретичні або експериментальні дослідження в галузі науки, культури й техніки; викладені у формі, доступній читачеві-неспеціалісту.

Навчальне видання - це видання, що містить систематизовані відомості наукового або прикладного характеру, викладені у формі, зручній для вивчення й викладання, і розраховане на учнів різного віку й ступеня навчання. До навчальних видань належать: підручник, навчальний посібник, навчальний наочний посібник, навчально-методичний посібник.

Підручник - навчальне видання, що містить систематичне викладання навчальної дисципліни, її розділу або частини, що відповідає навчальній програмі і офіційно затверджене як підручник.

Навчально-методичний посібник - навчальне видання, що містить матеріали за методикою викладання навчальної дисципліни або за методикою виховання.

Навчальний посібник - це навчальне видання, що доповнює або частково заміняє підручник й офіційно затверджене як навчальний посібник.

Хрестоматія - навчальний посібник, що містить літературно-художні, історичні й інші твори або уривки з них, що становлять об'єкт вивчення навчальної дисципліни.

Навчальний наочний посібник - навчальне видання, що містить матеріали для допомоги вивченню, викладанню або вихованню.

Довідково-інформаційне видання - видання, що містить короткі відомості наукового або прикладного характеру, розташовані в порядку, зручному для їхнього швидкого відшукування, не для суцільного читання.

Інформаційне видання - видання, що містить систематизовані відомості про опубліковані, неопубліковані або неопубліковані документи або результат аналізу й узагальнення відомостей, представлених у першоджерелах. Інформаційні видання випускаються організаціями, що здійснюють науково-інформаційну діяльність. Інформаційні видання можуть бути бібліографічними, реферативними, оглядовими.

Бібліографічне видання - бібліографічний посібник, випущений у вигляді окремого документа.

Реферативне видання - це інформаційне видання, що містить упорядковану сукупність бібліографічних записів, що включають реферати.

Видання можуть бути неперіодичними, періодичними й триваючими. *Неперіодичні видання* - це видання, що виходять однократно і не

мають продовження. До них належать: книги, брошури, листівки і т.д. *Періодичне видання* - серійне видання, що виходить через певні проміжки часу, з постійним для кожного року числом номерів (випусків) і не повторюється за змістом. До періодичних друкованих видань належать: газети, журнали, альманахи, бюлетені, інші видання, що мають постійну назву, певний номер і виходять у світ не рідше одного разу на рік.

Документи створюють величезні інформаційні потоки, темпи яких щорічно зростають. Розрізняють висхідний і спадний потоки інформації.

Висхідний - потік інформації від користувачів у реєстраційні органи. Виконавець наукової праці після затвердження плану робіт зобов'язаний у певний строк представити інформаційну карту у відповідні інститути. До висхідного потоку належать також статті, направлені в різні журнали.

Спадний - це потік інформації у вигляді бібліографічних оглядових реферативних та інших даних, що направляється в низові організації за їхніми запитами.

Документальні джерела наукової інформації діляться на первинні й вторинні. Первинні документи містять вихідну інформацію, безпосередні результати наукових досліджень (монографії, збірники наукових праць, автореферати дисертацій), а вторинні документи є результатом аналітичної й логічної переробки первинних документів (довідкові, інформаційні, бібліографічні й інші подібні видання).

5. Теоретичні дослідження

5.1 Завдання і структура теоретичних досліджень

Метою теоретичних досліджень є з'ясування в процесі синтезу знань суттєвих 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.

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.

Процес виконання теоретичних досліджень складається із декількох стадій. Перша стадія – 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. Друга стадія – 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 стадій дає можливість приступити до стадії постановки завдання, в 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. Аналітична стадія включає визначення ідеального кінцевого результату; виявляються перешкоди, які заважають отримати ідеальний результат, та їх причини; визначаються умови, які забезпечують отримання ідеального результату.

5.2 Принципи системного підходу

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.

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.

Основні принципи системного підходу:

– принцип остаточної (глобальної, генеральної) мети – функціонування та розвиток системи і всіх її складових повинні спрямовуватися на досягнення певної глобальної (генеральної) мети. Всі 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, 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 модернізація 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.

5.3 Поняття системи та її властивості

Система (від грец. systema – складене з частин, поєднання, складання) – це об'єктивна єдність закономірно пов'язаних один з одним предметів, явищ, а також знань про природу і суспільство.

Систему визначають також як комплекс елементів та їхніх властивостей, взаємодія між якими зумовлює появу якісно нової цілісності.

Наявність істотних стійких зв'язків (відношень) між складовими системи або (та) їхніми властивостями, які перевищують за потужністю (силою) зв'язки (відношення) цих складових з об'єктами, що не входять

до цієї системи, є важливим її атрибутом.

Основними характерними особливостями системи є:

– система є передусім сукупністю елементів. За певних умов елементи, відповідно, можуть розглядатись як системи;

– наявність суттєвих зв'язків між елементами та (або) їх властивостями, що переважають над зв'язками цих елементів з тими, які не входять до даної системи. Під суттєвими зв'язками розуміють лише такі, що закономірно визначають інтегративні властивості системи, і це вирізняє систему з оточуючого середовища як цілісний об'єкт;

– наявність визначеної організації, що проявляється у зменшенні ступеня ентропії (невизначеності) системи порівняно з ентропією системотвірних факторів. До таких факторів належать кількість елементів системи, кількість суттєвих зв'язків, якими може володіти елемент, тощо;

– наявність інтегративних властивостей, тобто властивих системі загалом, але не властивих жодному елементу зокрема. Це свідчить про те, що хоча властивості системи і залежать від властивостей елементів, вони не визначаються ними повністю. Отже, система не зводиться до простої сукупності елементів і, розчленовуючи її на окремі частини, неможливо пізнати всі властивості системи загалом.

У загальному вигляді поняття «система» характеризується: множиною елементів; зв'язками між ними; цілісним характером матеріального об'єкта, явища або процесу.

Основні властивості системи:

Загальність та абстрактність. Як система можуть розглядатися всі без винятку об'єкти, явища, процеси незалежно від їх природи.

Множинність. Одна і та ж 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 можуть бути відокремлені 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.

Еквіпотенційність. 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 пов-

ністю. Функціонування системи не може бути зведено 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 кожна з них окремо, неможливо пізнати всі властивості системи загалом. Цю властивість ще називають системною або інтегративною. Емерджентність є результатом виникнення між елементами системи синергетичних 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 напрямок, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), які утворюються у відкритих системах (біологічних, фізико-хімічних, економічних) 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.

Ієрархічність системи – це складність і багаторівневість структури системи, яка характеризується такими показниками: кількість 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 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.

Підсистемою називають сукупність елементів, які об'єднані єдиним процесом функціонування та при взаємодії реалізують певну функцію чи операцію, що необхідні для досягнення поставленої перед системою мети. Надсистемою називають систему вищого рівня ієрархії, ширшу, глобальну систему, в яку досліджувана входить як складова частина. Системоутворюючим факторами системи є функції, мета та ціль системи, стан та рівновага системи.

Функція системи – це все те, що виконує система або може виконувати відповідно до свого призначення.

Мета – це головне призначення системи, яке не є детермінованим і фіксованим, а може змінюватись у часі й не обов'язково єдино можливим чином.

Ціль системи – це бажаний стан її виходів.

Системи, що мають ціль, називають *цілеспрямованими*.

Цілі в часовому аспекті поділяються на: тактичні, стратегічні та ідеали.

Стан системи - характеризується кількісними та якісними значеннями внутрішніх параметрів системи у певний момент. Зміна довільної кількості цих характеристик означатиме перехід системи до іншого стану. Функціонування системи, яке проявляється у зміні її станів, що відповідає неперервній чи дискретній зміні певної характеристики, називають **поведінкою** або **рухом**. Найчастіше таким параметром є час. Отже, **поведінка системи** – це розгорнута в часі послідовність реакцій системи на внутрішні зміни та зовнішній вплив.

Рівновага системи - здатність системи зберігати свій стан незмінним якомога довше. Під стійкістю розуміють здатність системи повертатись у стан рівноваги після виведення її з цього стану впливом зовнішніх факторів. Стан рівноваги, в який система здатна повертатись, називають стійким станом рівноваги.

5.4 Урахування зовнішнього середовища

Системи функціонують у певному зовнішньому середовищі.

Зовнішнє середовище – це все те, що знаходиться зовні системи, поза її межами, включаючи необхідні умови для існування та розвитку системи. Зовнішнє середовище складається із багатьох природних, суспільних, інформаційних, економічних, виробничих та інших факторів, які впливають на систему та й самі перебувають під впливом системи.

Система може взаємодіяти із середовищем через: призначення, тобто, якщо призначення системи несумісне з середовищем, то необхідно або модифікувати призначення, або модифікувати систему та притосовувати її до середовища; побудову, тобто компоненти системи повинні гармонійно взаємодіяти як між собою, так і з середовищем; оцінку, тобто рівень сумісності системи з середовищем, ефективність реалізації її призначення, можливість реалізації додаткових цілей.

Взаємодія між системою та зовнішнім середовищем здійснюється за допомогою входів і виходів. Вхід системи – це дія на неї зовнішнього середовища. Вихід системи – це результат функціонування системи для досягнення певної мети або її реакція на вплив зовнішнього середовища.

Загальна кількість взаємодій системи із зовнішнім середовищем дуже велика, тому на практиці та в процесі наукового дослідження обмежуються аналізом найсуттєвіших зв'язків, вибір яких визначається конкретними умовами управління тим чи іншим об'єктом. При дослідженні взаємодії системи із зовнішнім середовищем широко застосовується кібернетична ідея «чорної скриньки» (рис. 1).

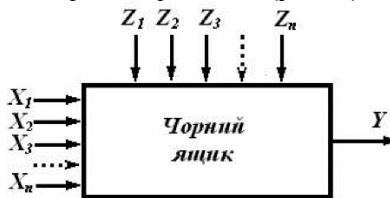


Рис. 1. Модель системи на основі принципу «чорна скринька»

Ця максимально спрощена модель відображає дві важливі властивості системи – цілісність і відокремленість від середовища. Однак, система не є ізольованою від зовнішнього середовища, а пов'язана з ним зв'язками, через які здійснює певний вплив, реалізуючи своє призначення, мету (виходи системи). Крім цього, повинні існувати зв'язки іншого типу, що забезпечують її використання, тобто дію на систему з боку середовища (входи системи). Назва «чорна скриня» образно підкреслює повну відсутність інформації про внутрішню будову системи; в цій моделі фіксуються лише вхідні та вихідні зв'язки із середовищем.

5.5 Класифікація систем

Системи поділяють на матеріальні та абстрактні.

Матеріальні системи є реальними об'єктами, що існують у реальному часі. Вони поділяються на природні і штучні. Природні системи – сукупність об'єктів природи, а штучні – організаційно-економічних, соціальних або технічних об'єктів. До природних систем належать астрокосмічні, планетарні, фізичні, хімічні системи тощо.

Абстрактні системи – розумово-зорові уявлення, зображення або моделі матеріальних систем, які поділяються на логічні та символічні. Логічні системи є результатом дедуктивного або індуктивного представлення матеріальних систем. Їх можна розглядати як системи понять і визначень про структуру, стан та основні закономірності зміни стану матеріальних систем. Символічні системи є формалізацією логічних систем. Вони поділяються на три класи: 1) статичні математичні системи або моделі, котрі можна розглядати як опис засобами математичного апарату стану матеріальних систем; 2) динамічні математичні системи або моделі, котрі можна розглядати як математичну формалізацію процесів розвитку матеріальних систем; 3) квазістатистичні системи, що знаходяться в нестійкому положенні між статикою та динамікою і при одних впливах поведуть себе як статичні, а при інших – як динамічні.

Виділяють також: 1) великі системи (ВС) – це системи, котрі не можна спостерігати одночасно з позиції одного спостерігача або в часі, або в просторі. У таких випадках система розглядається послідовно по частинах із поступовим переміщенням з нижчого на вищий рівень; 2) складні системи (СС) – це системи, які не можна скомпонувати з певних підсистем. Це означає, що: а) спостерігач послідовно змінює свою позицію стосовно об'єкта і спостерігає його з різних сторін; б) різні спостерігачі досліджують об'єкт з різних сторін; 3) динамічні системи (ДС) – це системи, котрі постійно змінюються. Будь-яка зміна, що відбувається в системі, називається процесом. Якщо система характеризується одним варіантом поведінки, її називають детермінованою. Імовірнісна система – це система, поведінку якої можна передбачити з певним рівнем імовірності на основі дослідження її минулої поведінки. Динамічні системи характеризуються наступними властивостями: рівновага – здатність повертатися до початкового стану, компенсуючи вплив зовнішнього середовища; самоорганізація – здатність відновлювати свою структуру або поведінку для компенсації зовнішнього середовища; інваріантність поведінки – те, що залишається в поведінці системи незмінним у будь-який відрізок часу; 4) кібернетичні або керуючі системи (КС) – це системи, з

допомогою яких досліджуються процеси управління в технічних, біологічних, економічних і соціальних системах. Центральним поняттям в цьому випадку є інформація як засіб впливу на поведінку системи; 5) цілеспрямовані системи (ЦС) – це системи, які володіють цілеспрямованістю. Досягнення цілі у більшості випадків має ймовірнісний характер.

За способом керування системи поділяються на: керовані ззовні, самокеровані та з комбінованим керуванням. У керованих ззовні системах керуючий блок знаходиться за межами системи; в системах із комбінованим керуванням управління здійснюється частково ззовні, а частково – в межах систем.

Виокремлюють три можливі аспекти розгляду систем: 1) система розглядається як взаємопов'язаний комплекс матеріальних об'єктів; 2) система охоплює, з одного боку, набір матеріальних об'єктів, а з іншого – інформацію про їхній стан; 3) система розглядається в інформаційному аспекті як комплекс відношень, зв'язків, інформації.

5.6 Зв'язки (потоки). Види зв'язків

Між елементами довільної системи та між різними системами існують зв'язки, за допомогою яких вони взаємодіють між собою.

Зв'язок – це одна з категорій, що найчастіше застосовується в системному аналізі. Зв'язок (потік) є важливим, з точки зору дослідження або керування системою, обміном речовиною, енергією, інформацією між системою і зовнішнім середовищем, а також між взаємодіючими системами або елементами системи. Функції системи реалізуються через зв'язки, тобто через потоки енергії, матеріальні та інформаційні.

Зв'язки, які необхідні для збереження структури, називаються підтримуючими, а ті, що є результатом функціонування системи, – потоками продукції. Зв'язок між предметами (процесами, подіями, явищами): два та більше об'єктів пов'язані, якщо за наявності або відсутності деяких властивостей в одних ми можемо робити висновки про їхню наявність або відсутність в інших.

Дослідження зв'язків дає змогу пізнавати об'єкти не безпосередньо, а опосередковано, через інші об'єкти, що знаходяться з ними в зв'язку.

Система може мати зовнішні та внутрішні зв'язки. Зв'язки можуть бути також як прямими, так і зворотними. Зворотні зв'язки є складною формою прояву причинної залежності і полягають у тому, що результат попередньої дії впливає на наступний перебіг процесу в системі, тобто причина підпадає під зворотний вплив наслідку. Якщо зворотний зв'язок підсилює результат впливу наслідку, то його називають позитивним, а якщо послаблює – негативним.

Класифікація зв'язків: взаємодії (координації); породження (генетичні); перетворення; побудови (структурні); функціонування; розвитку; управління. Також розрізняють зв'язки: суттєві й несуттєві, внутрішньо-системні та міжсистемні, взаємні та односторонні, суперечливі та несуперечливі, корисні та шкідливі, слабкі та тісні, важливі і неважливі, жорсткі та гнучкі.

5.7 Структура системи

Структура – це множина частин або форм, які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку, необхідному для реалізації певних функцій. Функція є первинною щодо структури і визначає останню.

Структура системи – одна з основних категорій системного аналізу, що характеризує стійку впорядкованість у просторі і часі елементів системи та їх зв'язків. Структура – стійке відображення взаємних відносин елементів цілісного об'єкта. Вихідними поняттями в аналізі структури об'єкта є поняття форми і змісту.

Форма – це структура змісту.

Під структурою систем розуміють її стійку впорядкованість і зв'язки між елементами та підсистемами.

Структура відтворює найсуттєвіші зв'язки між елементами та підсистемами, що мало змінюються при змінах у системі та забезпечують існування як системи, так і найважливіших її властивостей. Для визначення структури системи необхідно провести її послідовну декомпозицію, тобто виокремити в ній підсистеми всіх рівнів, які доступні аналізу, та їхні елементи, котрі відповідно до завдань дослідження не поділяються на складові частини.

Завдяки ієрархічності структура складних систем може бути и подана через структуру їх частин – від підсистем до елементів.

Структура системи може характеризуватись типами зв'язків, які в ній переважають. Найпростішими зв'язками є паралельні та послідовні.

Залежно від характеру внутрішньої організації системи та зв'язків між елементами виокремлюються основні типи структур: лінійна, матрична, мережева, кістякова, ієрархічна, деревовидна.

6. Експериментальні дослідження

6.1 Сутність експерименту, загальні вимоги до проведення

Однією з важливих складових наукових досліджень є експеримент.

Поняття «експеримент» означає проведення у визначених умовах серії дослідів для спостереження за станом об'єкта дослідження, які дозволяють стежити за його змінами і відтворювати їх кожний раз під час

повторення дослідів.

Експеримент - метод дослідження, який полягає в цілеспрямованій дії на об'єкт в заданих контрольованих умовах, що дозволяють стежити за ходом його проведення з точною фіксацією значень наперед намічених параметрів досліджуваного об'єкту.

Основною метою експериментів є визначення властивостей об'єктів дослідження та перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке вивчення теми наукового дослідження.

Загальні вимоги до проведення експерименту: об'єкт дослідження повинен допускати можливість опису системи змінних, що визначають його функціонування; потрібно мати можливість проведення якісних та кількісних вимірів факторів, які впливають на об'єкт дослідження, зміну його стану або поведінки під час експерименту; опис об'єкта експериментального дослідження потрібно проводити в системі його складових; потрібне обов'язкове визначення та опис умов існування об'єкта дослідження (галузь, тип виробництва, умови праці тощо); потрібно мати чітко сформульовану експериментальну гіпотезу про наявність причинно-наслідкових зв'язків; необхідне предметне визначення понять сформульованої гіпотези експерименту; потрібне обґрунтоване виділення незалежної та залежної змінних; потрібний обов'язковий опис специфічних умов діяльності об'єкта дослідження (місце, час, соціально-економічна ситуація тощо).

6.2 Класифікація експериментів

Залежно від мети експерименту (дослідження, управління, контроль) можуть бути використані різні методи аналізу об'єкта або явища.

Експерименти розрізняються:

1) За призначенням об'єкта експерименту: природничо-наукові, виробничі, педагогічні, соціологічні, економічні тощо.

2) За характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження: речовинні, енергетичні, інформаційні. Речовинний експеримент передбачає вивчення впливу різних речовинних факторів на стан об'єкта дослідження, наприклад, вплив різних домішок на якість сталі. Енергетичний експеримент використовується для вивчення впливу різних видів енергії (електромагнітної, механічної, теплової тощо) на об'єкт дослідження. Інформаційний експеримент використовується для вивчення впливу інформації на об'єкт дослідження.

3) За характером об'єктів та явищ, що вивчаються в експерименті: технологічні, соціометричні тощо. Технологічний експеримент спрямо-

ваний на вивчення елементів технологічного процесу (продукції, обладнання, діяльності робітників тощо) або процесу в цілому. Соціометричний експеримент використовується для вимірювання існуючих міжособистісних соціально-психологічних відносин у малих групах з метою їх подальшої зміни.

4) За структурою об'єктів та явищ, що вивчаються в експерименті: прості та складні. Простий експеримент використовується для вивчення простих об'єктів, які мають у своєму складі невелику кількість взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують прості функції. У складному експерименті вивчаються явища або об'єкти з розгалуженою структурою та великою кількістю взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують складні функції.

5) За способом формування умов проведення експерименту: природні та штучні. Природні експерименти характерні для біологічних, соціальних, педагогічних, психологічних наук, наприклад, при вивченні соціальних явищ (соціальний експеримент) в обставинах, наприклад, виробництва, побуту тощо. Штучні експерименти широко використовуються в багатьох природничо-наукових або технічних дослідженнях. У цьому випадку вивчаються явища, що ізольовані до потрібного стану, для того щоб оцінити їх в кількісному та якісному відношеннях.

6) За організацією проведення експерименту: лабораторні, натурні, польові, виробничі, відкриті або закриті тощо. Лабораторні дослідження проводяться з використанням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, обладнання тощо. Натурний експеримент проводиться в природних умовах та на реальних об'єктах. Залежно від місця проведення натурні експерименти поділяють на виробничі, польові, полігонні тощо. Експерименти можуть бути відкритими та закритими. Такі типи експериментів значно поширені в психології, соціології, педагогіці. У відкритому експерименті його завдання відкрито пояснюються тим, хто досліджується, у закритому – для одержання об'єктивних даних завдання експерименту приховуються.

7) За характером взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження: звичайні та модельні. Звичайний (класичний) експеримент включає експериментатора, об'єкт або предмет експериментального дослідження та засоби, за допомогою яких проводиться експеримент. Модельний експеримент базується на використанні як об'єкта, що досліджується, моделі, яка може не тільки замішувати в дослідженні реальний об'єкт, але і умови, в яких він вивчається.

8) За типом моделей, що досліджуються в експерименті: матеріальні

та розумові. Матеріальний експеримент є формою об'єктивного матеріального зв'язку свідомості з зовнішнім світом. У матеріальному експерименті використовуються матеріальні об'єкти дослідження. Розумовий (ідеалізований, уявний) експеримент є однією з форм розумової діяльності суб'єкта, у процесі якої в його уяві відтворюється структура реального експерименту, тобто засобами розумового експерименту є розумові моделі (чуттєві образи, образно-знакові моделі, знакові моделі).

9) За величинами, що контролюються в експерименті: пасивні та активні. Активним називають експеримент, під час виконання якого дослідник може, за своїм бажанням, змінити рівень факторів і активно втручатись у процес дослідження. У цих умовах дослідник може планувати як однофакторний, так і багатофакторний експеримент. Пасивним називають експеримент, яким неможливо керувати. Умови проведення такого експерименту змінюються без участі дослідника. Постановка такого експерименту є простою, але точність результатів набагато нижча порівняно з активним експериментом.

10) За способом формування умов – лабораторні, виробничі.

11) За метою дослідження – констатуючі, контролюючі, пошукові, вирішальні. Перетворюючий (творчий) експеримент включає активну зміну структури та функцій об'єкта дослідження у відповідності до висунутої гіпотези, формування нових зв'язків та відносин між компонентами об'єкта або між досліджуваним об'єктом та іншими об'єктами. Констатуючий експеримент використовується для перевірки відповідних передбачень. Контролюючий експеримент зводиться до контролю за результатами зовнішніх впливів на об'єкт дослідження з урахуванням його стану, характеру впливу та ефекту, що очікується.

12) За характером взаємодії засобів дослідження з об'єктом дослідження – натуральні або змодельовані.

13) За типом моделей, які досліджуються в експерименті, – реальні або віртуальні (у думках та на ЕОМ).

14) За числом факторів, що варіюються в експерименті: однофакторні та багатофакторні. Однофакторним називають експеримент, під час якого визначається вплив на об'єкт дослідження тільки одного змінного фактора. Багатофакторним називають експеримент, під час якого на об'єкт дослідження одночасно діють декілька змінних факторів. Величини, що діють на об'єкт дослідження і здатні змінити його стан, називають факторами. Фактори бувають змінними, сталими і некерованими. До сукупності факторів, що діють на об'єкт дослідження, ставляться додаткові вимоги, а саме: фактори не повинні корелювати між собою,

тобто при зміні одного фактора інший не повинен змінюватися; у випадку наявності кореляції в якості фактора можна приймати відношення двох факторів, логарифм їх відношення тощо; фактори повинні бути су-місними, тобто наявність одного з них не повинна виключати іншого.

6.3 Етапи підготовки наукового експерименту

Для проведення будь-якого виду експерименту необхідно попередньо спланувати та виконати таке: розробити гіпотезу, яка підлягає перевірці, та методика експериментальних робіт; визначити способи і прийоми впливу на об'єкт дослідження; забезпечити умови для виконання експериментальних робіт; розробити шляхи і прийоми фіксування ходу і результатів експерименту; підготувати засоби експерименту (прилади, установки, моделі тощо); забезпечити експеримент необхідним обслуговуванням.

Методика експерименту – це сукупність обдуманих і фізичних операцій, які розміщені у визначеній послідовності для досягнення поставленої мети дослідження.

Перед кожним експериментом складається його план (програма виконання), який включає такі етапи: мету, завдання та обґрунтування об'єму експерименту; вибір змінних факторів; визначення кількості дослідів та послідовності зміни факторів; вибір кроку зміни факторів, визначення інтервалів між майбутніми експериментальними точками; обґрунтування вибору засобів для вимірювання; опис проведення експерименту; обґрунтування вибору способів оброблення та аналізу результатів експерименту.

Методи вимірювань повинні базуватися на законах спеціальної науки метрології, яка вивчає вимірювальні засоби і методи. Методи вимірювань можна поділити на прямі і непрямі. Під час прямих вимірювань шукану величину знаходять із досліду, а під час непрямих – за функціональними вимірами. Вимірювання бувають абсолютні й відносні.

Вимірювальним приладом називають засіб вимірювання, призначений для отримання певної інформації про величину, що вивчається, у зручній для експериментатора формі. У таких приладів вимірювальна величина переорюється на покази або сигнали. Вони складаються з двох головних вузлів: приймаючого сигнал і перетворювального його у покази. За способом відліку значення вимірювальної величини прилади поділяються на показникові та реєструвальні.

Вимірювальний пристрій (стенд) є системою, що складається з основних і допоміжних засобів вимірювання, які призначені для вимірю-

вання однієї або кількох величин. Пристрій має різні засоби вимірювання і перетворювачі, призначені для одно- або багатоступеневого перетворення сигналу до того рівня, який дозволяє зафіксувати його вимірювальним механізмом.

6.4 Класична методика планування експериментальних досліджень

В умовах достатньо повної інформації метою експериментального дослідження може бути підтвердження теоретичних розрахунків, знаходження експериментальних коефіцієнтів для рівнянь або пошук оптимального рішення. Число дослідів визначається характером залежностей, які описують певний процес.

В умовах неповної або суперечливої інформації, коли відома тільки область експерименту, необхідно визначити характер залежностей, які пов'язують фактори з вихідним параметром. У цьому випадку значення факторів інтуїтивно розбивають на інтервали з отриманням певної кількості рівнів для кожного фактора, а потім, під час проведення експерименту, реалізують усі можливі сполучення рівнів факторів.

В умовах відсутності апріорної інформації про об'єкт дослідження невідомими є як область експерименту, так і фактори. У цьому випадку дослід планують за ходом експерименту. Отримавши і проаналізувавши результат першого досліді, дослідник планує наступний. Потім в експеримент залучаються нові змінні фактори, і впродовж усього експерименту дослідник отримує нову інформацію про об'єкт дослідження і процеси, які в ньому відбуваються.

План експерименту може бути складений у формі планово контрольної карти і методичної сітки або матриці.

7 Поняття моделі та методу моделювання

7.1 Основні постулати моделювання

Науковою основою моделювання як методу пізнання і дослідження різних об'єктів і процесів є *теорія схожості*, в якій головним є поняття аналогії, тобто схожість об'єктів за деякими ознаками.

Подібні об'єкти називаються аналогами. Аналогія між об'єктами може встановлюватися за якісними і (або) кількісними ознаками. Основним видом кількісної аналогії є математична схожість, коли об'єкти описуються за допомогою рівнянь і функцій. Функції і незалежні змінні називаються схожими, якщо вони співпадають з точністю до деяких констант. Окремими видами математичної схожості є геометрична схожість,

яка встановлює схожість геометричних образів, і часова, така, що визначає схожість функцій часу, для яких константа часу (масштаб) показує, в яких відношеннях перебувають параметри функцій, такі як період, часова затримка тощо. Іншим видом кількісної аналогії є фізична схожість. Критерії фізичної схожості можна отримати, не маючи математичного опису об'єктів, наприклад, на основі значень фізичних параметрів, які характеризують досліджуваний процес у натурі і на моделі.

За типами процесу розрізняють види схожості, для якої розроблені відповідні критерії, - гідравлічні, електричні, аеродинамічні тощо.

У загальній теорії систем визнається об'єктивність існування систем. Отже, якщо існують взаємозв'язки між об'єктами, то існують і системи, які їм відповідають. Ця теорія ґрунтується на постулаті функціонально-структурного ізоморфізму об'єктів і явищ природи: якщо структура однієї системи і зовнішні функції її елементів ізоморфні структурі іншої системи і зовнішнім функціям її елементів, то зовнішні властивості цих систем не розрізняються в області їх ізоморфізму.

Дві множини X , Y називаються ізоморфними, якщо між елементами цих множин можна встановити взаємно однозначну відповідність. Цей постулат є основою для логічного, доказового розгортання теорії і дає можливість пояснити єдність закономірностей природи для об'єктів, які здаються несхожими і незалежними один від одного.

Теорія схожості дає можливість встановити відношення еквівалентності (відповідності, схожості) за деякими ознаками між двома системами, що розглядаються. Будь-яка з цих систем може існувати реально або бути абстрактною. Якщо система існує реально, то її можна вивчати, досліджуючи, яким чином зв'язані вхідні впливи з виходами системи. На основі результатів досліджень будується певна абстрактна система. В ній відношення еквівалентності визначається тільки для тих важливих властивостей і аспектів поведінки, які в початковій та в абстрактній системах повинні бути однаковими.

Базуючись на спостереженнях і дослідженнях однієї системи (моделі), можна будувати висновки про властивості й поведінку іншої.

Математичне моделювання дає змогу отримати характеристики реального об'єкта чи системи. Математична модель системи містить опис множини можливих станів системи і закон переходу з одного стану в інший. Рівні дослідження та моделювання систем:

Мікрорівневе моделювання - детальний опис кожного компонента системи, дослідження її структури, функцій взаємозв'язків тощо

Макрорівневе моделювання - ігнорування детальної структури системи та вивчення лише загальної поведінки системи як єдиного цілого

7.2 Сутність моделі об'єкту

Суть моделювання полягає в заміні деякого об'єкта іншим об'єктом, який має подібні властивості.

Моделлю називають систему, яку використовують для дослідження іншої системи. Термін "модель" походить від латинського слова "*modulus*", тобто зразок, пристрій, еталон. У широкому значенні - це будь-який аналог (уявний, умовний: зображення, опис, схема, креслення тощо) певного об'єкта, процесу, явища ("оригіналу" даної моделі), який використовується як його "замінник". Модель – це представлення реального об'єкта або системи у вигляді, що відрізняється від його реального стану існування. Модель може бути точною копією об'єкта або відображати деякі характерні властивості об'єкта в абстрактній формі.

Модель - це реально існуюча або абстрактна система, яка, замінюючи і відображаючи в пізнавальних процесах іншу систему - оригінал, перебуває з нею у відношенні схожості.

Незважаючи на величезне розмаїття моделей, усіх їх об'єднує головне призначення - замінити в процесі отримання інформації сам об'єкт.

Найважливіша вимога до будь-якої моделі - її подібність з предметом, що моделюється, та наявність таких властивостей: модель - це збільшена (наприклад модель клітини) або зменшена (глобус) копія об'єкта; модель може сповільнити досліджувані процеси, що відзначаються високою швидкістю протікання, або прискорити повільне протікання; модель спрощує реальний процес, що дає можливість зосередити увагу на сутності процесу.

Під час моделювання можливі різні рівні аналогій. Найвищий рівень – коли модель тотожна самому об'єкту. Однак в цьому випадку втрачається зміст моделювання. З іншого боку надмірне спрощення моделі призводить до невідповідності досліджуваному об'єкту.

У техніці моделі служать для проектування нових досконаліших систем та вивчення їх основних функцій, властивостей, зв'язків.

Модель дає можливість впорядкувати та формалізувати початкові уявлення про об'єкт дослідження. У процесі побудови моделі виявляються суттєві взаємозв'язки та залежності, послідовність дій (алгоритм) і необхідні ресурси. Модель дає змогу точніше сформулювати основні поняття і стисло описати систему, дозволяє пояснити причинно-наслідкові зв'язки, загальну структуру системи, що моделюється.

Основні функції моделей систем: пізнавальні; прагматичні.

Основні властивості моделі: скінченність (повнота) – відображається скінчена кількість відношень елементів системи; складність (спро-

щеність) – виходить із необхідності оперування моделлю; точність (наближеність) по відношенню до реальної системи.

Адекватність є основною характеристикою побудованої моделі. Поняття адекватності слугує для оцінки рівня виконання вимог повноти та точності, необхідного для досягнення мети моделювання. Ступінь адекватності моделі перевіряється експериментальним шляхом на основі введення міри адекватності.

Система описується як ієрархічне утворення, тобто не однією моделлю, а кількома чи групою моделей, кожна з яких описує поведінку системи з погляду різних рівнів абстрагування. Для кожного рівня ієрархії існують характерні особливості та змінні, закони та принципи, за допомогою яких описується поведінка системи.

Стратифікація системи – процес поділу системи на рівні, що характеризують різні аспекти її функціонування. На кожній страті в ієрархії структур є власний набір змінних, які дають змогу обмежитися лише дослідженням одного аспекту системи, однієї страти.

Найпростіша модель системи – модель «чорної скрині», в якій акцент робиться на функціях і поведінці системи, а про її будову є лише опосередкована інформація, що відображається у зв'язках із зовнішнім середовищем. Зв'язки із середовищем, які йдуть у систему (входи), дають можливість впливати на неї, використовувати її як засіб, а зв'язки, що йдуть із системи (виходи), є результатами її функціонування, які або впливають на зміни в середовищі, або споживаються зовні системи.

7.3 Класифікація методів математичного моделювання



Рис. 2 Методи моделювання систем

Статичне моделювання застосовується для опису стану системи у фіксований момент, а *динамічне* - для дослідження поведінки системи у часі. Система називається *статичною*, якщо безліч її станів містить один елемент. Якщо станів більше одного і вони можуть змінюватися в часі, система називається *динамічною*. Залежно від програми (задач), що стоять перед дослідником, моделювання поділяють на *повне, неповне і наближене*.

Залежно від характеру досліджуваних процесів у системі моделювання поділяють на *детерміноване* та *стохастичне*, *статичне* та *динамічне*, *неперервне*, *дискретне* та *дискретно-неперервне*.

Детерміновані моделі відображають процеси, для яких передбачається відсутність випадкових впливів, а у *стохастичних* враховують випадкові процеси та події.

Дискретне, неперервне та дискретно-неперервне моделювання застосовуються для опису процесів, які змінюються в часі.

Процес зміни станів називається рухом системи.

Розрізняють два основних типи динамічних систем: з дискретними станами (безліч станів чи обмежена їх кількість); з безперервно змінюваною безліччю станів.

Системи з дискретними станами характеризуються тим, що в будь-який момент часу можна однозначно визначити, в якому саме стані перебуває система.

Зміна станів може відбуватися або у фіксовані моменти часу, множина яких дискретна або неперервна. Відповідно до цього розрізняють системи з дискретним часом переходів (зміни станів) і системи з неперервним часом ("що живуть" у неперервному часі).

Залежно від форми подання об'єкта моделювання поділяють на *реальне* та *абстрактне*. При *реальному моделюванні* використовують можливість дослідження характеристик на реальному об'єкті чи на його частині. Реальні (натурні, аналогові) моделі є об'єктами, що існують реально і створюються із реальних матеріалів. Такі моделі припускають, зазвичай, дійсне відтворення досліджуваного об'єкта і можуть бути: *геометрично подібні; фізично подібні; математично подібні*. У зв'язку з цим натурне моделювання називають також *макетуванням*.

При *натурному моделюванні* проводять дослідження на реальному об'єкті із подальшим обробленням результатів експерименту на основі *теорії подібності*.

Фізичне моделювання здійснюється через відтворення досліджуваного процесу на моделі, яка в має відмінну від оригіналу природу, але однаковий математичний опис процесу функціонування.

Абстрактне моделювання має види: наочне, символічне, математичне.

При наочному моделюванні на базі уявлень людини про реальні об'єкти створюють наочні моделі, що відображають явища та процеси, які відбуваються в об'єкті.

Символьне моделювання являє собою штучний процес створення об'єкта, який замінює реальний та виражає основні його властивості через певну систему знаків та символів. Символьне моделювання поділяється в свою чергу, на *мовне* та *знакове*. В основі мовного моделювання лежить певний *тезаурус*, який утворюється із набору вхідних понять, причому цей набір має бути фіксованим.

Тезаурус - це словник, який не містить неоднозначних слів. Кожному його слову відповідає лише одне поняття. Під тезаурусом розуміють словник, одиниці якого містять набори ознак, що характеризують родово-видові зв'язки та згруповані за змістовною близькістю. Між тезаурусом та звичайним словником існують принципові розбіжності.

Знакові (ідеальні) моделі, створені людиною в процесі наукового дослідження, а також втілюються у визначену матеріальну форму у вигляді різного роду карт, схем, графіків, формул тощо. Ідеальні (знакові) моделі - це абстрактні описи того чи іншого об'єкта або явища реального світу, що дозволяють аналізувати його властивості. Переваги ідеальних моделей полягають у тому, що вони дозволяють порівняно простими та недорогими засобами аналізувати поведінку систем та передбачати характер їх поведінки при внесенні в систему тих чи інших змін. Ідеальні (знакові) моделі мають більше можливостей, ніж реальні, тому що майже не пов'язані технічними обмеженнями їх створення.

Предметні (матеріальні) моделі функціонують за законами свого буття, незалежно від того, чи створена ця модель природою або ж сконструйована людиною.

Вигляд математичної моделі залежить як від природи системи, так і від завдань дослідження. Математична модель системи містить опис множини можливих станів системи та закон переходу із одного стану в інший.

За способом відображення реальних явищ, які відбуваються в об'єкті, моделювання поділяється на: фізичне, що тільки зберігає фізичну природу явища; математичне, основою якого є відповідність рівнянь, які описують процеси моделі, реаліям досліджуваного явища; геометричне, за якого відображаються тільки зовнішні форми.

Математичне моделювання охоплює імітаційне, інформаційне, структурне, ситуаційне тощо.

При імітаційному моделюванні намагаються відтворити процес функціонування системи у часі за допомогою певних алгоритмів. При цьому імітуються основні явища, що утворюють процес, який розглядається, із збереженням їх логічної структури та послідовності перебігу в часі. Це уможливує одержання інформації про стан процесу в певний момент та оцінку характеристик системи.

Імітаційні моделі дають змогу враховувати такі ознаки, як дискретність та неперервність елементів системи, нелінійність їхніх характеристик, випадкові збурення тощо.

Інформаційне (кібернетичне) моделювання пов'язане з побудовою моделей, для яких відсутні безпосередні аналоги фізичних процесів. У такому разі намагаються відобразити лише деяку функцію і розглядають об'єкт як "чорний ящик", який має певну кількість входів та виходів. У такий спосіб моделюють тільки окремі зв'язки між входами та виходами.

В основі кібернетичних моделей лежить відображення окремих інформаційних процесів регулювання, що дають змогу оцінити поведінку реальної системи. Для побудови моделі необхідно виділити досліджувану функцію реального об'єкта та спробувати формалізувати її через окремі оператори зв'язку між входом і виходом.

Структурне моделювання базується на специфічних особливостях структур певного вигляду, які використовують як засіб дослідження систем або для розроблення на їх основі із застосуванням інших методів формалізованого опису систем (теоретико-множинних, лінгвістичних) специфічних підходів до моделювання. Структурне моделювання включає: методи сітьового моделювання; структурний підхід до формалізації структур різних типів (ієрархічних, матричних) на основі теоретико-множинного їх подання та поняття номінальної шкали теорії вимірювання; поєднання методів структуризації з лінгвістичними.

Ситуаційне моделювання базується на модельній теорії мислення, в рамках якої можна описати основні механізми регулювання процесів прийняття рішень. Основою побудови ситуаційної моделі є опис об'єкта у вигляді сукупності елементів, що пов'язані між собою певними відношеннями, які відбивають семантику предметної галузі. Модель об'єкта має багаторівневу структуру і являє собою інформаційний контекст, на тлі якого здійснюються процеси управління.

Знакові моделі поділяють на *концептуальні* і *математичні*.

Концептуальна (змістовна) модель - це абстрактна модель, що визначає структуру модельованої системи, властивості її елементів і причинно-наслідкові зв'язки, властиві системі й істотні для досягнення мети

моделювання. Це формалізований опис досліджуваної системи, що складається з тексту, блок-схеми, таблиць, графіків й іншого ілюстративного матеріалу.

Математична модель - це сукупність математичних співвідношень, що пов'язують вихідні характеристики стану фізичного об'єкта з вхідною інформацією, початковими даними, обмеженнями, що накладаються на функціонування об'єкта. Математична модель знаходиться у певній відповідності з фізичним об'єктом і здатна замінити його з тією метою, щоб вивчення та дослідження моделі давало нову інформацію про поведінку об'єкта (механізм протікання процесів, динаміку, поведінку об'єкта як в минулому, так і в майбутньому тощо).

Розрізняють *апріорні* й *апостеріорні* моделі. Перші виводяться на основі теоретичних міркувань, а другі - на основі емпіричних даних. Вибір математичного апарату залежить від складу фактичної інформації.

Аналітичне моделювання припускає використання математичної моделі реального об'єкта у формі алгебраїчних, диференціальних, інтегральних й інших рівнянь, що пов'язують вихідні змінні з вхідними, доповненій системою обмежень. Передбачається наявність однозначної обчислювальної процедури отримання точного розв'язку рівнянь.

При імітаційному моделюванні використовується математична модель відтворює алгоритм ("логіку") функціонування досліджуваної системи в часі при різних поєднаннях значень параметрів системи і зовнішнього середовища. Побудова імітаційної моделі не вимагає обов'язкового повного (строгого) математичного опису реальної системи чи процесу. Широко застосовуються чисельні методи, що дозволяють за допомогою ЕОМ досить швидко наближено проаналізувати складну нелінійну систему, аналітичне розв'язування якої принципово неможливе.

Для стохастичної системи можна вказати лиш безліч можливих станів переходу і, у деяких випадках, імовірнісних характеристик переходу в кожний з цих станів.

7.4 Класифікація моделей

Якщо враховувати, що моделювання - це метод пізнання дійсності, то основною ознакою класифікації можна назвати спосіб подання моделі. За цією ознакою розрізняють абстрактні і реальні моделі (рис. 3).

Основними класифікаційними ознаками моделей є: акценти дослідження системи; властивості областей зміни параметрів та змінних; спосіб опису невизначеності; урахування інерційності; спосіб задавання відношень між параметрами та змінними; призначення; форма представлення властивостей системи.



Рис. 3 Основні типи моделей

За ступенем визначеності розрізняють: детерміновані моделі, для яких характерним є те, що при певних значеннях вхідних параметрів на виході можна отримати лише один результат; стохастичні моделі, в яких змінні, параметри та умови функціонування, стан системи є випадковими величинами та пов'язані стохастичними залежностями; невизначені моделі, в яких розподіл ймовірностей певних параметрів може або взагалі не існувати, або ж бути невідомим. За закономірностями зміни своїх параметрів розрізняють моделі: дискретні, для яких множини значень вхідних і вихідних параметрів є дискретними; неперервні, у яких всі змінні та параметри – неперервні; дискретно–неперервні. За фактором часу розрізняють моделі: статичні – всі параметри та залежності співвіднесено до одного моменту часу, залежність від часу в явному вигляді відсутня; динамічні – значення параметрів явно залежать від часу.

Залежно від засобів опису та оцінки розрізняють моделі: описові – не використовуються визначені критерії ефективності функціонування системи, тому з їх допомогою лише описується, аналізується її поведінка; нормативні – характеризують норму функціонування системи і використовуються в процесі прийняття управлінських рішень, при проектуванні систем. За природою моделі розрізняють: предметні (природні та штучні); знакові (мовні (вербальні) та математичні (аналітичні та імітаційні)). За способом задавання відношень між параметрами та змін-

ними: лінійні – описують прості системи; нелінійні – володіють властивістю синергізму.

Для вивчення внутрішньої структури системи використовують: моделі складу – відображають, з яких елементів і підсистем складається система; моделі структури – відображають відношення між елементами та зв'язки між ними. Для прогнозування використовуються так звані прогностичні моделі, що дають змогу передбачити поведінку системи в майбутньому на основі інформації про її ретроспективу.

Під час моделювання можливі різні абстрактні конструкції, проте, основною є віртуальна (уявна) модель, що відображає ідеальне уявлення людини про навколишній світ, який фіксується у свідомості через думки і образи. Віртуальна модель може представлятися у вигляді *наочної моделі* за допомогою графічних образів і зображень.

Наочні моделі залежно від способу реалізації можна поділити на дво- або тривимірні графічні, анімаційні і просторові. Графічні й анімаційні моделі широко використовуються для відображення процесів, які відбуваються в модельованій системі. Графічні моделі застосовуються в системах автоматизованого проектування (computer-aided design, СА). Графічні моделі є базою всіх комп'ютерних ігор, а також застосовуються під час імітаційного моделювання для анімації.

Щоб побудувати модель у формальному вигляді, створюють *символічну*, або *лінгвістичну модель*, яка відповідала б високому рівню абстрактного опису. На базі її отримують інші рівні опису.

Основним видом абстрактної моделі є *математична модель*. Її вид залежить як від природи реального об'єкта, так і від задач дослідження об'єкта та необхідної достовірності і точності розв'язку цієї задачі.

Будь-яка математична модель описує реальний об'єкт лише з деякою мірою наближення до дійсності. За видом математичні моделі для дослідження характеристик процесу функціонування систем можна розділити на *аналітичні, імітаційні і комбіновані*.

Для аналітичної моделі характерно те, що процеси функціонування елементів системи записуються у вигляді деяких функціональних співвідношень (алгебри, інтегрально-диференціальних, кінцево-різницевих тощо) або логічних умов. Аналітична модель може бути досліджена такими методами: *аналітичним*, коли прагнуть отримати в загальному вигляді явні залежності для шуканих характеристик; *чисельним*, коли, не вмючи розв'язувати рівняння в загальному вигляді, прагнуть отримати числові результати при конкретних початкових даних; *якісним*, коли, не маючи розв'язку в явному вигляді, можна знайти деякі властивості розв'язку (наприклад, оцінити сталість розв'язку).

Список рекомендованої літератури

1. Дзьобань О.П. Методологія, організація та технологія наукових досліджень : навч. посіб. для аспірантів. ДНУ «Ін-т інфор мації, безпеки і права Нац. академії прав. наук України». Київ; Одеса : Фенікс, 2025. 284 с.
2. Волошко А.В., Бориченко О.В., Чернявський А.В. Основи наукових досліджень. Практикум. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 142 с.
3. Бхаттачарджи А., Ситник Н. Методологія та організація наукових досліджень: дослідження в соціально-економічних науках. Навч. посіб. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. 173 с.
4. Строкань О.В., Мірошніченко М.Ю. Методологія та організація наукових досліджень з основами інтелектуальної власності: конспект лекцій. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 152с.
5. Медвідь В. Ю., Данько Ю. І., Коблянська І. І. М 54 Методологія та організація наукових досліджень (у струк турно-логічних схемах і таблицях): навч. посіб. Суми: СНАУ, 2020. 220 с.
6. Методологія і організація наукових досліджень : конспект лекцій / А. О. Азарова, Ю. В. Міронова. Вінниця : ВНТУ, 2022. 60 с.

М54 **Методологія наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці** [Текст]: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності 63 Електрична інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. Л.В. Давиденко – Луцьк : ЛНТУ, 2025. – 48 с.

Комп'ютерний набір:
Редактор:

Л.В. Давиденко
Л.В. Давиденко

Підп. до друку _____.____.2025 р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарн. Таймс.
Ум. друк. арк. 2,5.
Тираж 50 прим.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ВІП ЛНТУ