

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет біоресурсів і природокористування України**

С.В. Боярчук

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за
спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
(кваліфікація: PhD доктор філософії)**

Київ 2023

УДК 001.891(075.8)

Конспект лекцій з курсу «Організація проведення наукових досліджень» призначений для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (кваліфікація: PhD доктор філософії). Рекомендовано до друку рішенням вченої ради ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 9 від 23 жовтня 2023р.).

Укладачі: к. с-г. н., доцент С.В. Боярчук

Рецензенти:

- д.т.н. професор Червінський Л.С., професор кафедри електротехніки, електротеханіки та електротехнологій;
- д.т.н., професор Кривоносов В.Є., професор кафедри інженерії енергосистем.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ
ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТА
РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ
Конспект лекцій

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лекція № 1. Вибір напрямку наукових досліджень.....	5
Лекція № 2. Організація наукового дослідження.....	11
Лекція № 3. Інформаційне та економічне забезпечення досліджень....	14
Лекція № 4. Дослідницькі принципи науки.....	18
Лекція № 5. Рівні та методологія наукових досліджень.....	27
Лекція № 6. Сучасні теоретичні дослідження.....	30
Лекція № 7. Системний підхід у науковому пізнанні.....	36
Лекція № 8. Структура та взаємозв'язки систем.....	47
Лекція № 9. Моделювання у наукових дослідженнях.....	52
Лекція № 10. Наукове мислення дослідника.....	56
Лекція № 11. Методологія експериментальних досліджень.....	62
Лекція № 12. Методи обробки результатів експерименту.....	69
Лекція № 13. Планування експерименту та аналіз результатів.....	82
Лекція № 14. Організація наукової діяльності.....	93
Лекція № 15. Психологія та етика наукових досліджень.....	102

Вступ

Сучасний розвиток науки і техніки, інтеграція України до світового науково-освітнього простору та зростання вимог до якості підготовки наукових кадрів зумовлюють необхідність формування у здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти системних знань щодо організації та проведення наукових досліджень. Особливої актуальності це набуває для фахівців у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, де інноваційні технології, цифровізація енергетичних систем і розвиток відновлюваних джерел енергії потребують високого рівня дослідницької компетентності.

Навчальна дисципліна «Організація проведення наукових досліджень» спрямована на формування у здобувачів ступеня доктора філософії методологічної культури науковця, здатності до самостійного виконання досліджень, критичного аналізу наукової інформації та обґрунтування отриманих результатів. Вивчення курсу сприяє оволодінню сучасними методами теоретичних та експериментальних досліджень, навичками планування експерименту, обробки результатів, наукового моделювання та представлення результатів наукової роботи відповідно до чинних академічних стандартів.

Конспект лекцій охоплює ключові питання методології наукового пізнання, організації дослідницької діяльності, розвитку наукового мислення, використання системного підходу, а також психологічні та етичні засади наукової праці. Значну увагу приділено питанням підготовки кваліфікаційних наукових праць, роботі в наукових колективах, дотриманню принципів академічної доброчесності та професійної відповідальності вченого.

Метою конспекту є надання здобувачам цілісного уявлення про логіку наукового дослідження — від вибору напряму та формулювання наукової проблеми до впровадження результатів і оцінювання їх ефективності. Матеріал структуровано відповідно до освітньо-наукової програми підготовки докторів філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» і може бути використаний під час аудиторної та самостійної роботи здобувачів.

Видання буде корисним аспірантам, молодим науковцям, а також науково-педагогічним працівникам, які прагнуть удосконалити власну дослідницьку діяльність та підвищити ефективність організації наукової роботи.

Лекція 1. Вибір напрямку наукових досліджень

Україна має розгалужену систему науково-дослідних закладів, які працюють над розвитком науки. Головну роль у цьому відіграє Національна академія наук України. Академія наук об'єднує такі регіональні наукові центри: Донецький, Західний, Південний, Північно-Східний, Придніпровський та Кримський. Кожен науковий центр складається з низки науково-дослідних інститутів. В установах Академії наук створено сучасну експериментально-виробничу базу. Результати фундаментальних досліджень вчених України дали змогу пояснити явища, які спостерігаються у процесі поділу атомного ядра, створити стан речовини із наперед заданими властивостями, розкрити структуру складних хімічних речовин та ін.

Крім академічних закладів, науковою діяльністю займаються галузеві науково-дослідні інститути та вищі навчальні заклади, тобто наука поділяється на академічну, галузеву та науку, що розвивається у вищих навчальних закладах (ВНЗ).

В інститутах Академії наук виконуються фундаментальні дослідження, які розв'язують головні проблеми природничих, технічних і суспільних наук, а також ведуться прикладні дослідження. На відміну від академічних, галузеві науково-дослідні інститути займаються здебільшого прикладними дослідженнями, метою яких є розроблення нових технологій, вдосконалення і створення нових зразків техніки для відповідних галузей виробництва. Вищі навчальні заклади є осередками як фундаментальних, так і прикладних досліджень. Прикладні дослідження і технічні розробки ведуться також у лабораторіях і підрозділах окремих підприємств, у галузевих дослідно-конструкторських та проектних організаціях.

В Україні існує близько 1000 ВНЗ. Там проводяться наукові дослідження, спрямовані на розв'язання фундаментальних і прикладних проблем у тій галузі, для якої цей ВНЗ готує спеціалістів. Однією з форм інтеграції науки з виробництвом є науково-технічні об'єднання. Вони формуються на базі наукових інститутів Академії наук, які є головними, а також до їх складу входять: конструкторське бюро, дослідно-експериментальний завод, виробниче підприємство, де впроваджують результати досліджень. В Україні такими об'єднаннями є науково-технічне об'єднання на базі Інституту електрозварювання імені академіка Є.О. Патона та Інститут надтвердих матеріалів НАН України.

1. Загальні визначення та поняття наукових досліджень

Мета наукового дослідження – це всебічне та достовірне вивчення об'єкта, процесу або явища, їх структури, зв'язків та співвідношення на основі наукових принципів і методів пізнання, а також отримання і впровадження корисних результатів.

Будь-яке наукове дослідження має свій об'єкт і предмет дослідження.

Об'єкт дослідження – це матеріальна або ідеальна система.

Предмет дослідження – це структура системи, закономірності взаємодії елементів у середині системи і поза нею, закономірність її розвитку, різні

властивості та якості цієї системи.

Науковий напрям – це наука або комплекс наук, у межах яких виконується певна наукова робота. 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).

Кожна наукова робота належить до певного конкретного напрямку досліджень. Наукові роботи класифікують за такими ознаками.

За напрямом розвитку виробництва:

- 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. Вибір напрямку та теми наукового дослідження

Напрямок наукового дослідження визначається галуззю науки, специфікою наукових інститутів. Конкретизація напрямку наукових досліджень проводиться на базі вивчення виробничих, суспільних потреб і стану досліджень. Під науковим напрямком розуміють сферу наукових досліджень наукового колективу, яка спрямована на вивчення певних фундаментальних, теоретичних і експериментальних завдань у відповідній галузі науки.

Науковий напрям – сфера дослідження наукового колективу, який упродовж відповідного часу розв'язує ту чи іншу проблему.

Розрізняють технічні, біологічні, соціальні, економічні напрями з подальшою деталізацією. Структурними одиницями наукового напрямку є комплексні проблеми, проблеми, теми і питання.

Дослідницька робота розпочинається з вибору проблеми або теми дослідження. Проблема – форма наукового пізнання, у якій констатується недостатність досягнутого до даного моменту рівня знання. Проблема 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 діалектично складних теоретичних або практичних питань, які суперечать існуючим знанням або прикладним методикам у конкретній науці та потребують вирішення за допомогою наукових досліджень.

На основі ретельного вивчення вітчизняних та зарубіжних публікацій у вибраному та суміжних наукових напрямках формулюють основну проблему і в загальних рисах визначають очікуваний результат. Важливим під час формулювання проблеми є вивчення стану наукових розробок у цьому напрямі, у процесі якого слід розділити:

1) знання, що набули загального визнання наукової спільноти та перевірені на практиці;

2) питання, які є недостатньо розробленими і вимагають наукового обґрунтування;

3) невирішені питання, сформульовані у процесі теоретичного осмислення, запропоновані практикою або ті, що виникли під час вибору теми.

Такий підхід надає змогу з'ясувати зміст проблеми. Розробка структури проблеми передбачає виділення тем, розділів, питань. У кожній темі виявляють орієнтовну сферу дослідження. Потім її конкретизують, провівши внутрішній причинно-наслідковий аналіз і виявивши всі змістовні сторони. Тому виділяють похідні проблеми, кожна з яких має стати об'єктом деталізації доти, доки не будуть визначені конкретні завдання – зміст поставленої проблеми. Важливим моментом конкретизації проблеми є обмеження кола питань, які необхідно вивчити.

Необхідно вивчити історичні аспекти та сучасний стан проблеми, оскільки це є важливим елементом пошуку правильного рішення. Слід також виявити коло питань, які стануть відправною точкою при визначенні перспектив подальшого вивчення проблеми. Наукова проблема має бути актуальною, науково значимою та вирізнятись новизною.

Для обґрунтування актуальності проблеми необхідне висвітлення кількох позицій, зокрема посилення на документи, у яких визначаються соціальні замовлення у сфері освіти та її практичних потреб, що характеризуються недостатністю тих чи інших наукових знань, які потребують вирішення.

Важливою складовою, що забезпечує ефективність проведення будь-якого наукового-дослідження, є чітке формулювання його теми, яка повинна відбивати рух від досягнутого наукою, від звичного до нового, містити момент зіткнення старого з новим.

Тема дослідження – методологічна характеристика дослідження; відображає проблему в її характерних рисах, окреслює межі дослідження, конкретизуючи основний задум та створюючи передумови успіху роботи в цілому.

Тема – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або кілька питань

дослідження. Тема формується на основі загального ознайомлення з проблемою, в межах якої буде проводитись дослідження.

Процес формування теми дослідження включає такі етапи



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, й намітити план подальших досліджень.

Матеріальна база. Після того, як тема початково сформульована, уточнюється матеріальна база, необхідна для виконання роботи. Для проведення багатьох робіт потрібний спеціальний інструментарій, сучасні електронні прилади та обладнання, на придбання яких потрібні великі кошти. У той же час виконання досліджень на застарілому обладнанні недоцільне, оскільки це знижує достовірність результатів. Але завжди доводиться шукати варіанти технічного забезпечення досліджень, що вирішуються за допомогою простої доступної техніки.

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

вимірювань.

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

Зацікавлені особи. Необхідно визначити коло організацій і осіб, які зацікавлені в результатах роботи і можуть допомогти у її виконанні. Може бути корисним обговорення змісту майбутнього дослідження із зацікавленими особами. Це дає змогу конкретизувати завдання або додати ще інші, запобігти дублюванню робіт, а також домовитись про проведення спільних досліджень.

Тема повинна відповідати профілю наукового колективу, членом якого є дослідник. Кожен науковий колектив (ВНЗ, НДІ, відділ, кафедра) має свій профіль, кваліфікацію, компетентність.

Отже, на стадії обґрунтування теми дослідження вивчають усі критерії її вибору, після чого приймають рішення про доцільність її розробки.

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. Саме на нього спрямована основна увага науковця, оскільки предмет дослідження визначає тему наукового дослідження.

Одним із важливих творчих етапів вирішення проблеми є визначення мети та завдань наукового дослідження.

Метою наукового дослідження є всебічне, достовірне вивчення об'єкта, явища або процесу, їх структури, зв'язків на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання; здобуття і впровадження у практику корисних і необхідних для суспільства результатів.

Мета дослідження – це кінцевий результат, на досягнення якого воно спрямоване. Вона має адекватно відобразитись у темі роботи, містити в узагальненому вигляді очікувані результати та наукові завдання.

Чітке формулювання конкретної мети – одна з найважливіших методологічних вимог до програми наукового дослідження. Мета дослідження полягає у вирішенні наукової проблеми шляхом удосконалення вибраної сфери діяльності конкретного об'єкта.

Мета конкретизується та розвивається у завданнях дослідження. Завдання повинні розглядатись як основні етапи наукового 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, методологічному 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 (практичні аспекти роботи); обґрунтуванні системи заходів, необхідних для вирішення прикладних завдань;

– експериментальній перевірці розроблених пропозицій щодо розв'язання проблеми, підготовці методичних рекомендацій для їх використання на практиці.

Отже, визначення мети і завдань дослідження – важливий етап розв'язання наукової проблеми.

Види типових завдань

Науковий напрям досліджень у будь-якій галузі виробництва визначається колом типових завдань, спрямованих на розвиток певної галузі.

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, раніше визначеної, 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.

Лекція 2. Організація наукового дослідження

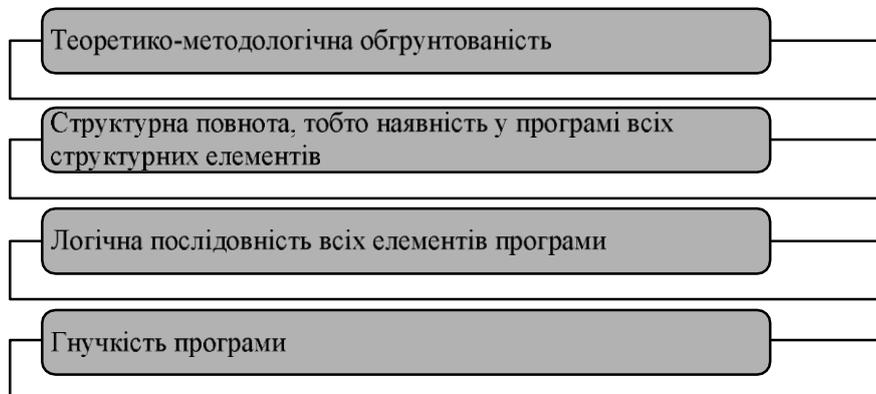
1. Порядок здійснення наукового дослідження. Поняття, функції та структура програми дослідження

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 методологічних 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. Вона виконує роль стрижневого кореня дослідження, зумовлюючи його змістовно-смыслову цінність, якість та надійність отриманої інформації.

Серед основних вимог до формування програми визначають такі:



Програма дослідження виконує три основні функції:

– методологічну – дає змогу визначити проблему, задля якої здійснюється дослідження; сформулювати його мету і завдання; зафіксувати вихідні положення про досліджуваний об’єкт; зіставити дане дослідження з тими, що проводилися раніше;

– методичну – дає можливість розробити загальний логічний план дослідження; визначити методи збору і аналізу інформації; розробити процедуру дослідження; провести порівняльний аналіз отриманих результатів;

– організаційну – забезпечує розробку чіткої системи розподілу праці між членами дослідницької групи; налагодження контролю за ходом і процесом дослідження, публікацію результатів тощо.

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.

Рівень достовірності основних результатів наукового дослідження значно підвищується, якщо вони базуються на експериментальних даних. Тому 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.

На більш пізніх стадіях виконання дослідження можна підготувати план-проспект – реферативне викладення отриманих результатів у послідовності їх розміщення у рукописі.

План доцільно будувати за такою схемою: вступ, розділи, параграфи, висновки, список використаної літератури, додатки.

2. Послідовність та етапи виконання наукових досліджень

Початком наукового дослідження є докладний аналіз сучасного стану проблеми, яка розглядається. Він здійснюється на основі інформаційного пошуку з широким використанням ЕОМ. При цьому використовуються різні джерела інформації, які знаходяться в Україні, а також всесвітня комп'ютерна мережа Internet.

На основі аналізу проблеми складаються огляди, реферати й експрес-інформації, дається класифікація основних напрямів і визначаються конкретні завдання дослідження. Далі здійснюється вибір методу дослідження з використанням критеріїв його оцінки, складається план- графік виконання робіт та розраховується очікуваний економічний ефект.

Власне виконання наукових досліджень полягає в розв'язанні поставлених на початку завдань. Найчастіше у фундаментальних і прикладних дослідженнях використовується математичне або фізичне моделювання, а також поєднання цих методів. Математичне моделювання включає в себе декілька послідовних кроків. Це складання математичної моделі

досліджуваного процесу на основі зібраних даних або використання готової моделі досліджуваного процесу на основі зібраних даних, або використання готової моделі з корегуванням основних і допоміжних факторів, що в багатьох випадках дозволяє спростити та пришвидшити дослідження. Для зручності розв'язання поставленого завдання математичний опис явища виконується у безрозмірних одиницях на основі теорії подібності. Далі здійснюється вибір способу розв'язання завдання (аналітичний або наближений) з урахуванням декількох умов, а саме: необхідної точності; тривалості виконання; оптимальних матеріальних витрат. Оброблення результатів експерименту виконується за допомогою ЕОМ. На основі широкого застосування математичної теорії планування експерименту отримують результати у вигляді математичних рівнянь, будують графіки і номограми, які характеризують закономірності процесу, що досліджується.

Фізичне моделювання може здійснюватися на модельній (лабораторній) або натурній установці. Для цього розробляються креслення установки, визначається діапазон основних параметрів, добирається вимірювальна апаратура, а також складається програма проведення досліджень.

Експерименти можуть здійснюватись за класичною схемою (коли послідовно перебираються вибрані фактори) або з використанням математичної теорії планування експерименту. Після виконання програми досліджень проводиться перевірка правильності одержаних результатів, оброблення одержаних даних і отримання відповідних рівнянь та оцінюється помилка розрахунку за ними. Під час фізичного моделювання широко використовується ЕОМ – для керування експериментом і обробки його результатів.

Завершенням наукової розробки є аналіз отриманих результатів та їх оформлення. Виконується зіставлення результатів теорії та експерименту, дається аналіз їх можливих відмінностей. Складається звіт про проведені наукові дослідження, який оформляється за державним стандартом.

Етапи виконання науково-дослідних робіт

Можна виділити шість основних етапів виконання прикладної науково-дослідної роботи, а саме:

- формулювання теми (ознайомлення з проблемою, складання техніко-економічного обґрунтування, попереднє визначення очікуваного економічного ефекту від впровадження);
- формулювання мети і завдань дослідження (літературний огляд, зіставлення і критика проблемної інформації, узагальнення і висвітлення стану питання за темою);
- теоретичні дослідження (вивчення фізичної суті явища, формулювання гіпотези, вивід математичних залежностей та їх теоретичний аналіз);
- експериментальні дослідження (розробка мети і завдань експерименту, планування, засоби вимірювання, дослідна установка, проведення експериментів, опрацювання результатів);
- аналіз і оформлення результатів наукових досліджень (загальний аналіз теоретичних і експериментальних досліджень, 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.

Лекція 3. Інформаційне та економічне забезпечення досліджень

1. Економічне обґрунтування вибору наукової теми

На початку виконання наукових досліджень виникає необхідність економічно обґрунтованих варіантів. Для цього треба оцінити можливі варіанти шляхом визначення числових критеріїв, найпростішим з яких є критерій економічної ефективності:

$$K_e = E_0 / B_d ,$$

де E_0 – очікуваний економічний ефект від впровадження; B_d – витрати на наукові досліджування.

Чим більше значення K_e , тим ефективність теми вища. Величина K_e повинна бути в межах 1,5 ... 2,0 грн. на одну гривню витрат.

У випадку великих обсягів продукції та тривалих термінів її впровадження об'єктивнішим буде критерій оцінки економічної ефективності теми, який визначається за формулою:

$$K_E = B_{II} \sqrt{T / B_{заг}}$$

де B_{II} – вартість продукції за рік після освоєння результатів наукового дослідження і впровадження їх у виробництво; T – термін виробничого впровадження, роки; $B_{заг}$ – загальні витрати на виконання наукового дослідження, дослідне і промислове освоєння продукції та річні витрати на її

виготовлення за новою технологією.

Економічність є важливим критерієм перспективності теми. Але при оцінці великих тем цього критерію недостатньо. Необхідна більш загальна оцінка, яка б враховувала й інші показники. У цьому випадку часто використовується експертна оцінка, яку здійснює спеціально підібраний склад висококваліфікованих експертів (від 7 до 15 осіб). За їх допомогою, залежно від специфіки тематики, її напряму або комплексності, визначаються відповідні показники оцінки. Якщо тема отримала максимальну підтримку експертів, то вона вважається перспективною.

Ефективність наукового дослідження

Ефективність науки включає високий науковий рівень отриманих результатів, які суттєво впливають на розвиток природи, суспільства і людини.

За характером впливу на суспільний розвиток виділяють: науково-технічний, економічний, оборонний та соціальний ефекти.

Під науково-технічним ефектом розуміють розширення знань про навколишній світ: виявлення нових фактів, зв'язків, закономірностей, відкриття законів, розробка нових матеріалів, обладнання, технологій.

Суть економічного ефекту полягає в отриманні додаткових економічних результатів: зростання національного доходу, продуктивності праці, ресурсозбереження.

Соціальний ефект проявляється в зміні змісту, характеру і умов праці, підвищення рівня і якості життя народу, підвищення загальноосвітнього і професійного рівня людських ресурсів. Залежно від цілей, які ставляться перед дослідженням, при оцінці НДР, визначальним може бути будь-який із перелічених ефектів, а інші виступатимуть як додаткові.

Ефективність науково-дослідної роботи колективу (відділу, кафедри, НДІ, КБ) оцінюється кількома показниками:

- кількістю впроваджених тем;
- кількістю отриманих авторських свідоцтв і патентів;
- кількістю проданих ліцензій або виручки;
- економічною ефективністю від впровадження результатів науково-дослідної роботи, яка визначається як відношення фактичної отриманої економії від реалізації розробок до середньорічних витрат;
- показником продуктивності праці.

Ефективність науки не зводиться тільки до впровадження, і тим більше до одержаного ефекту. Ефективність науки – це визнання держави в світі. Наука є найбільш ефективною сферою капіталовкладень.

2. Пошук, накопичення та опрацювання наукової інформації

У процесі створення нової техніки, у випадку неповноти або недостатньої достовірності та неоперативності одержання інформації, практично неможливо скласти уявлення про кращі світові та вітчизняні зразки, що спричиняє технічне відставання ще на стадії проектування.

Не менш важливе значення має завдання забезпечення наукових досліджень зручною для сприйняття інформацією про важливі наукові досягнення, які були отримані в минулому. Таким чином, розвиток державної

системи збору, опрацювання, зберігання, ефективного пошуку та передачі інформації з використанням найсучасніших методів і засобів (у першу чергу, обчислювальної техніки) є надзвичайно актуальним. Методи інформатики успішно застосовуються для створення ефективних інформаційних систем і є основою для автоматизації наукових досліджень та проектування різних виробничих процесів.

У процесі розвитку інформатики можна виділити декілька напрямів: – технічний (інженерний), пов'язаний з утворенням обчислювальної техніки та різноманітних автоматизованих інформаційно-пошукових систем;

– програмний, пов'язаний із забезпеченням ЕОМ програмами, що дозволяють реалізувати відповідні завдання;

– алгоритмічний, пов'язаний із розробкою алгоритмів розв'язання різних теоретичних і практичних завдань і утриманням баз даних або банків даних.

Інформаційні системи. Розроблення, створення й використання інформаційних систем для забезпечення широкого кола споживачів інформацією про досягнення науки і техніки – важливий розділ сучасної інформатики.

Інформаційні продукти – це сукупність уніфікованих відомостей і послуг, поданих у стандартизованому вигляді. Прикладами можуть бути роздруковані результати пошуку в інформаційному масиві, спеціалізовані видання, аналітичні довідки тощо. Кожен тип інформаційного продукту потребує специфічної технології його отримання. У результаті цього відокремилися спеціалізовані та універсальні (інтегровані) інформаційні системи.

З розвитком обчислювальної техніки і засобів зберігання інформації з'явилась можливість накопичення та зберігання великих машинних інформаційних масивів (баз даних). У зв'язку з їх широким розповсюдженням і розвитком методів та засобів перетворення цих даних на інформаційні продукти почала швидко розвиватися індустрія інформації, тобто розпочався перехід до «безпаперової інформатики».

Бази даних можна розділити на бібліографічні й фактографічні. Бібліографічні бази даних містять так звану вторинну інформацію, тобто дані про публікації. Відповідна «первинна інформація» (власне публікації: книги, статті, патенти та ін.) зберігаються в іншому розділі інформаційної системи. Фактографічні бази даних містять у собі дані фактичного характеру і є кінцевим продуктом користування. У нашій країні бази даних створюються в загальнодержавних і галузевих інформаційних органах, а також у провідних науково-дослідних інститутах.

Кожному типу інформаційного продукту відповідає специфічна технологія його виробництва. Важливою складовою частиною цієї технології є певне програмне забезпечення у вигляді так званих пакетів прикладних програм (ППП). У тих випадках, коли кожному інформаційному продукту відповідає свій PPP, останній відносять до проблемно-орієнтованих або функціональних PPP. Якщо один і той самий PPP дозволяє отримати декілька інформаційних продуктів, його називають інтегральним.

Таким чином, до складу сучасного виробництва інформаційних продуктів входять: технічні засоби (ЕОМ, засоби тиражування й передачі інформації), бази даних, ППП. Для виробництва власне баз даних також потрібна своя інформаційна технологія. Так, із поняттям «база даних» тісно пов'язане поняття «банк даних». Це різновид інформаційної системи для накопичення великих об'ємів відносно однорідних взаємопов'язаних і змінних даних, їхнього оперативного оновлення та багатоцільового використання. До складу банку даних входять: база даних і комплекс засобів їхнього створення та використання (програмна система управління базами даних, мови, обчислювальне обладнання, технології, персонал, методики).

Із розвитком засобів зв'язку й обчислювальної техніки інформаційні мережі все більше об'єднуються в єдину інфраструктуру, технічною основою якої є інформаційні мережі. Через них споживач отримує доступ практично до будь-яких банків даних, приєднаних до джерела.

Нині існують системи наукової комунікації. Частина з них реалізована у традиційній формі, через інформаційні центри та бібліотеки; деякі – через мережі даних. За таким (змішаним) принципом організовано постачання інформації споживачам у Державній системі наукової й технічної інформації (ДСНТІ) і, відповідно, в Міжнародній системі науково-технічної інформації (НТІ) країн світу.

Структурною одиницею, яка характеризує інформаційні ресурси й інформаційні продукти з кількісного боку, є науковий документ, що містить науково-технічну інформацію і призначений для її зберігання й використання.

Залежно від способу надання інформації розрізняють документи: текстові (книги, журнали, звіти та ін.), графічні (креслення, схеми, діаграми), аудіовізуальні (звукозаписи, кіно, відеофільми), машиночитаючі (такі, що створюють базу даних на мікрофотоносіях та СД-дисках) та ін. Крім того, документи поділяють на первинні (що містять безпосередні результати наукових досліджень і розробок, нові наукові дані або нове осмислення відомих ідей і фактів) і вторинні (що містять результати аналітично-синтетичного й логічного опрацювання одного чи декількох первинних документів або відомостей про них).

Як первинні, так і вторинні документи поділяють на опубліковані (видання) і неопубліковані. До первинних документів належать книги (неперіодичні текстові видання обсягом понад 48 с.). Книги і брошури поділяють на наукові, навчальні, офіційно-документальні, науково-популярні й, врешті решт, за галузями наук і науковими дисциплінами. Серед книг і брошур важливе наукове значення мають монографії, які є всебічним дослідженням однієї проблеми або теми і належать одному або декільком авторам, та збірники наукових праць, що містять низку наукових статей одного або декількох авторів, реферати і різні офіційні або наукові матеріали.

З метою навчання видаються підручники та навчальні посібники (навчальні видання). Це неперіодичні видання, що містять систематизовані відомості наукового й прикладного характеру, викладені у зручній для засвоєння формі.

Деякі видання, що публікуються від імені державних або громадських організацій, установ і відомств, називаються офіційними. Вони містять матеріали законодавчого, нормативного або директивного характеру.

Найоперативнішим джерелом НТІ є періодичні видання, що виходять через певні проміжки часу та з постійним для кожного року числом номерів. Традиційними видами періодичних видань є газети й журнали. До періодичних належать також видання з продовженням, що виходять через певні проміжки часу, з накопиченням матеріалу. Такими виданнями є збірники наукових праць інститутів, ВНЗ, наукових колективів, які публікуються без чіткої періодичності під загальною назвою «Праці», «Наукові вісники», «Відомості» та ін.

До спеціальних видів технічних видань прийнято відносити нормативно-технічну документацію, яка регламентує науково-технічний рівень і якість випущеної продукції (стандарти, інструкції, типові положення, методичні вказівки тощо).

Важливе значення для виконання науково-дослідних робіт має патентна документація, яка є сукупністю документів, що містять дані про відкриття, винаходи та інші види промислової власності, а також дані про охорону прав винахідників. Патентна документація має високий ступінь достовірності, оскільки підлягає ретельній експертизі на новизну та корисність. До основних видів неопублікованих первинних документів можна віднести науково-технічні звіти, дисертації, депоновані рукописи, наукові переклади, конструкторську документацію, інформаційні повідомлення про проведені науково-технічні конференції, з'їзди, симпозиуми, семінари.

Вторинні документи й видання поділяють на довідкові, оглядові, реферативні та бібліографічні. Довідкові видання (довідники, словники) містять результати теоретичних узагальнень, різні величини та їх значення, матеріали виробничого характеру. Оглядові видання містять концентровану інформацію, отриману в результаті відбору, систематизації та логічного узагальнення відомостей з великої кількості першоджерел, з певної теми і за певний проміжок часу. Реферативні видання (реферативні журнали, реферативні збірники) містять скорочений виклад первинного документа або його частини з основними фактичними даними та висновками. Бібліографічні покажчики є виданнями книжкового або журнального типу, що містять бібліографічні описи випущених видань. Вторинні неопубліковані документи включають реєстраційні й інформаційні карти, облікові листки дисертацій, покажчики депонованих рукописів і перекладів, інформаційні реклами. До них прийнято відносити також другорядні документи, які розповсюджуються за передплатою (Бюлетені реєстрації науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (НДР і ДКР), збірники рефератів НДР і ДКР тощо).

Лекція 4. Дослідницькі принципи науки

Поява наукового знання сягає своїм корінням у глибоке минуле, до часів, коли було нагромаджено певний мінімум знань, які почали передаватись людьми у різних видах їхньої практичної діяльності.

Першим практично зорієнтованим науковим знанням була математика, яка виникла в Стародавньому Єгипті й Месопотамії. Математичні знання цих народів не розділялись на математичні дисципліни, а були об'єднані за практичним призначенням відповідного роду діяльності. Чиста, або теоретична, математика утворилась на основі застосування теоретичного способу систематизації математичного знання – логічного доказу, тобто переходу від одних положень до інших. Математика як форма теоретичної свідомості виникла в VI ст. до н.е. у Стародавній Греції. Визначення поняття науки вперше було дано Аристотелем. Він виділив науку як особливу форму знання задля самого знання і вважав, що одержання таких знань є вищою метою людської діяльності.

У період Середньовіччя в феодальній Європі виникло вчення про природу, яке служило в той час релігії. Але пізніше наукові ідеї Коперника здійснили переворот у науці. Вони завдали удару по схоластиці, і наука звільнилась від теології та перейшла в самостійне ідеальне буття.

Подальший розвиток науки призвів до синтезу теоретичних і емпіричних методів дослідження, що є характерним і для науки сьогодення. Засновником нового індуктивного методу дослідження став Ф. Бекон. Наука, за Беконом, є історичним продуктом людської діяльності.

Відносно цільової орієнтації науки у суспільстві в історичному її генезисі можна виділити три основних періоди:

- Особистісно-світоглядну орієнтацію науки (від її виникнення до Галілея і Ньютона); основна мета першого періоду – формування загального уявлення про світ і місце в ньому людини;

- технологічну, матеріально-виробничу орієнтацію науки (починаючи з XVII ст. і до сучасності); за результатами вона була революційною як для техніки, так і для самої науки;

- суто особистісну орієнтацію, спрямовану на розвиток інтелектуального творчого потенціалу особистості (сучасний етап); якщо розвиток виробництва в XIX ст. здійснювався, в основному, за рахунок удосконалення машин і технологічних процесів, то в наш час він рухається вперед завдяки інтелектуальному розвитку самої людини, що є провідним фактором зростання матеріального виробництва.

Розвиток наук у сучасному суспільстві спричиняє «вертикальну» інтеграцію науки – тенденцію до все більшого зближення науки з практикою, а в зв'язку з цим – до зближення між фундаментальними і прикладними науками, поглиблення процесів диференціації та інтеграції наукового знання. Результатом диференціації є поява окремих теоретичних систем і відокремлення їх у самостійні галузі науки з власними предметом, мовою і методами.

Розвиток будь-якої галузі науки здійснюється впродовж чотирьох послідовних етапів:

- започаткування науки;
- період початкового формування і розвитку ідей, який характеризується «вибуховим» зростанням інформації;
- період експлуатації ідей, коли кількість авторів і публікацій зростає, але

темпи цього зростання знижуються;

– період насичення: галузь вичерпує себе, основні ідеї переходять у підручники, а далі можливий розпад на декілька галузей або зникнення як самостійної галузі досліджень.

Хід розвитку науки визначають наукові революції.

Наукова революція (НР) призводить до корінного зламу системи основних наукових понять, теорій, принципів і законів. Відбувається повна перебудова методу мислення вчених, самого способу розуміння і трактування пізнавального світу.

Функція руйнування існуючої системи наукових понять має негативний, критичний характер. Руйнується вся система старих понять, теорій, принципів і законів певної науки для усунення основної перешкоди на шляху формування і прийняття нових поглядів, нового способу мислення вчених, для проникнення в науку нових ідей і положень.

Функція вироблення, обґрунтування й утвердження в науці системи нових понять, теорій, принципів і законів, а разом із цим – нового мислення, сприйняття, розуміння світу. Ця функція є найважливішою і має позитивний, конструктивний та творчий характер. Наприклад, у ХХ ст. внаслідок науково-технічних революцій виникли такі галузі науки, як радіо-, електротехніка, електроніка, кібернетика, космонавтика та ін.

1. Загальні поняття процесу пізнання

Процес поступу людської думки від незнання до знання називають пізнанням, в основі якого лежить відображення об'єктивної дійсності у свідомості людини в процесі її суспільної, виробничої й наукової діяльності, так званої практики. Процес пізнання можливий лише під час взаємодії людини з явищами дійсності, тобто він реалізується через взаємодію суб'єкта як носія свідомості й знання та об'єкта – того, на який спрямована пізнавальна діяльність суб'єкта.

Взаємодія суб'єкта й об'єкта фіксує єдність матерії й свідомості, буття й мислення, природи і духу. Практика виступає основною і рушійною силою розвитку пізнання та його метою. Людина пізнає закони природи, щоб оволодіти її силами і використовувати їх, а також пізнає закони суспільства, щоб відповідно впливати на хід історичних подій.

Функціями практики є основа пізнання; джерело і рушійна сила процесу пізнання; кінцева мета пізнання; критерій істини.

Від практики до теорії і від теорії до практики, від дії до думки і від думки до дії – така загальна закономірність відношень людини з навколишнім середовищем. Практика є початком, вихідним пунктом і одночасно завершенням будь-якого процесу пізнання. Вирішуючи нові завдання і проблеми, наука повинна випереджати практику і, таким чином, свідомо скеровувати її розвиток.

Діалектика процесу пізнання полягає в протиріччі між обмеженістю наших знань і необмеженою складністю об'єктивним змістом людського пізнання, в необхідності боротьби думок, що дозволяють шляхом логічних доведень і практичної перевірки з'ясувати істину.

Проблема істини завжди була серцевиною теорії пізнання. Класичне визначення істини дав Аристотель: «Істина – це відповідність наших знань дійсності».

Сучасна теорія пізнання конкретизує традиційну концепцію істини через діалектичний зв'язок понять:

- об'єктивна істина – знання про дійсність, які не залежать від людини;
- відносна істина – знання, яке в принципі правильно, але неповно відображає дійсність;
- абсолютна істина – знання, які тотожні своєму предмету і які не спростовуються подальшим розвитком пізнання та практики.

Знання – це ідеальне відтворення у мовній формі узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивного світу. Функціями знання є узагальнення розрізнених уявлень про закономірності природи, суспільства і мислення та зберігання в узагальнених уявленнях усього того, що може бути передано в якості основи для практичних дій. Проти вагою знання є помилкова думка, яка дає неправильне, ілюзорне відображення світу. Ознака об'єктивної істини – це її конкретність, яка означає, що об'єкт варто розглядати в тих умовах місця і часу, в тих зв'язках і відношеннях, за яких він виник, існує та розвивається. Тобто поза визначеними межами істина перетворюється на оману.

Істинні знання у вигляді законів науки, теоретичних положень і висновків, вчень, підтверджених практикою, існують об'єктивно, незалежно від праць і відкриттів вчених. Тому істинне наукове знання вважають об'єктивним. Разом із тим наукове знання як істина може бути відносним і абсолютним. Відносне знання, яке, в основному, є правильним відображенням дійсності, відрізняється деякою неповнотою збігу образу з об'єктом, а абсолютне знання не змінюється в майбутньому.

Пізнання людиною світу починається з чуттєвого відображення дійсності в таких формах, як відчуття, сприйняття, уявлення. Подальший розвиток форм пізнання, що виходять за межі безпосередньої чуттєвості, дає можливість досягти якісно нового рівня відображення дійсності – раціонального пізнання. Формою раціонального пізнання є абстрактне мислення.

Мислення – це опосередковане й узагальнене відображення в мозку людини суттєвих властивостей, причинних відношень і закономірних зв'язків між об'єктами або явищами. Людина пізнає дійсність не тільки в результаті свого власного досвіду, але й шляхом спілкування з іншими людьми. Мислення нерозривно пов'язане з мовою і не може здійснюватись поза нею. Основним інструментом мислення є логічні міркування людини, які складаються з таких структурних елементів, як поняття, судження, умовивід.

Поняття – це думка, яка відображає суттєві й необхідні ознаки предмета або явища. Поняття можуть бути загальними, поодинокими, збірними, абстрактними чи конкретними, абсолютними чи відносними. За ознакою відношень між собою поняття поділяють на тотожні, рівнозначні, підлеглі, супідлеглі, частково узгоджені, суперечливі та протилежні.

Поняття характеризуються обсягом і змістом. Обсяг поняття – це коло тих предметів, на які це поняття поширене. Змістом поняття називається

сукупність ознак, які об'єднані в цьому понятті. Розкриття змісту поняття називається його визначенням. Визначення повинно відповідати двом ознакам: вказувати на найближче родове поняття; вказувати на те, чим це поняття відрізняється від інших понять такого ж роду. Діленням понять називають розкриття всіх видів понять, що входять до складу цього поняття.

Судження – це думка, в якій через зв'язок понять стверджується або заперечується будь-що. Судження виражається мовою у вигляді речення. Під час судження зіставляються поняття, що встановлюють об'єктивний зв'язок між предметами та їх ознаками, або між предметом і класом предметів. Судження поділяють за такими ознаками: якість, кількість, відношення. За якістю судження бувають позитивні і негативні; за кількістю – загальні, часткові, поодинокі; за відношенням – категоричні, умовні й роздільні.

Умовивід – це процес мислення, що складається з послідовності двох або декількох міркувань, у результаті яких виникає нове судження. Часто умовивід називається висновком, через який стає можливим перехід від думки до дії, тобто практики. Умовиводи поділяють на дві категорії: дедуктивні та індуктивні. Дедуктивні умовиводи – це виведення окремих випадків з якогось-небудь загального положення, а індуктивні умовиводи – це коли на основі окремих випадків приходять до загального положення. У безпосередніх умовиводах від одного судження приходять до іншого; в опосередкованих судженнях перехід від одного судження до іншого здійснюється через посередництво третього судження.

Наукове пізнання виникло на етапі розвитку людства, коли відбувся суспільний розподіл праці, тобто відокремлення розумової праці від фізичної й перетворення розумової праці на відносно самостійну сферу діяльності.

Наукове пізнання – це самостійна, цілеспрямована діяльність, яка складається з таких компонентів:

- пізнавальної діяльності спеціально підготовлених груп людей, які досягли певного рівня знань, навичок, розуміння, виробили відповідні світоглядні та методологічні настанови;

- об'єктів пізнання;

- предмета пізнання;

- особливих методів та засобів пізнання;

- сформованих логічних форм пізнання та мовних засобів;

- результатів пізнання, що виражаються в законах, теоріях, наукових гіпотезах;

- цілей, що спрямовані на досягнення істинного знання.

У науковому пізнанні головна роль належить раціональному мисленню. Крім його основних форм (поняття, судження, умовивід), які функціонують і на донауковому рівні пізнання, створюються і набувають відносної самостійності такі форми та засоби, як ідея, проблема, гіпотеза, концепція, закон, теорія.

Ідея – відображає зв'язки та закономірності дійсності й спрямована на її перетворення, а також поєднує істинне знання про дійсність і суб'єктивну мету її перетворення. Наукова ідея – інтуїтивне пояснення явища без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на основі яких

робиться висновок. Вона базується на набутих знаннях, але розкриває раніше не виявлені закономірності. Свою специфічну матеріальність ідея знаходить у гіпотезі.

Проблема – це форма та засіб наукового пізнання, в яких поєднуються два змістовних елементи: знання про незнання і передбачення можливості наукового відкриття. Гіпотеза – це форма та засіб наукового пізнання, за допомогою яких формується один з можливих варіантів розв'язання проблеми, істинність якого ще не з'ясована і не доведена. Якщо гіпотеза узгоджується з фактами, що спостерігаються, то в науці її називають теорією або законом. З накопиченням нових фактів одна гіпотеза може бути замінена іншою лише у тому випадку, коли ці нові факти не можна пояснити попередньою гіпотезою або вони суперечать їй. При цьому часто попередня гіпотеза не відкидається повністю, а тільки виправляється й уточнюється. В ході уточнення і виправлення гіпотеза перетворюється на закон.

Концепція – це форма та засіб наукового пізнання, яка є способом розуміння, пояснення, тлумачення основної ідеї теорії. Це науково обґрунтований та в основному доведений вираз змісту майбутньої теорії, який ще не є логічною системою точних наукових понять. Закон – це внутрішньо суттєвий зв'язок між явищами, який обумовлює їх необхідний закономірний розвиток. Закон виявляє визначений стійкий зв'язок між явищами або властивостями матеріальних об'єктів. Парадокс (у широкому розумінні) – це твердження, що різко розходиться зі загальноприйнятим, заперечує те, що вважається «безумовно правильним».

Парадокс (у вузькому розумінні) – це протилежні твердження, для кожного з яких є переконливі аргументи. Парадоксальність є характерною рисою сучасного наукового пізнання світу. Наявність парадоксів свідчить про неспроможність існуючих теорій та необхідність подальшого їх удосконалення. Виявлення і вилучення парадоксів стало в сучасній науці звичайною справою. Основні їх шляхи такі:

- усунення помилок у логіці доведень;
- удосконалення вихідних міркувань у певній системі знань.

Теорія (від лат. *theoreo* – розглядаю) – система узагальненого знання, тлумачення тих чи інших явищ дійсності. Теорія є уявним відображенням і відтворенням реальної дійсності. Вона виникає у результаті узагальнення пізнавальної діяльності й практики. Це узагальнений досвід у свідомості людей.

Наукова теорія – система достовірних, глибоких та конкретних знань про дійсність, що має струнку логічну структуру та дає цілісне уявлення про об'єкт.

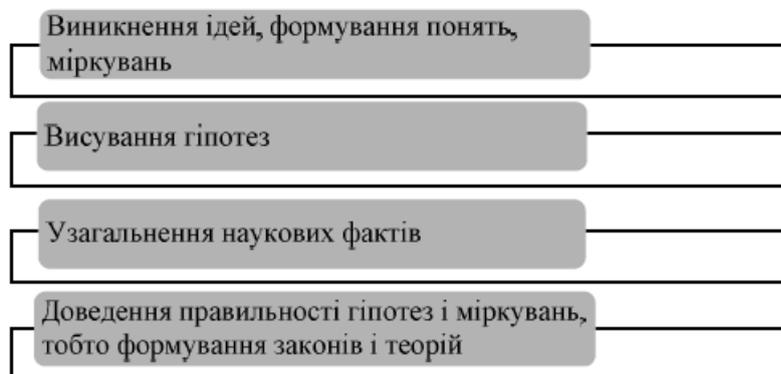
Структуру теорії формують принципи, аксіоми, закони, судження, положення, поняття, категорії й факти.

Під принципом у науковій теорії розуміють найабстрактніше визначення ідеї (початкова форма систематизації). Принцип – це правило, що виникає у результаті суб'єктивно обдуманого досвіду людей. Вихідні положення наукової теорії називають постулатами, або аксіомами.

Аксіома (постулат) – це положення, яке береться за вихідне для певної теорії й з якого формують усі наступні пропозиції й висновки теорії за

попередньо фіксованими правилами. У сучасній логіці й методології науки постулат і аксіома завжди використовуються як еквівалентні.

Загалом процес наукового теоретичного дослідження можна розділити на такі етапи:



Теорія є найбільш розвинутою формою узагальненого наукового пізнання. Вона містить не тільки знання основних законів, а й пояснення фактів на їх основі. Теорія дозволяє відкривати нові закони і передбачати майбутнє.

2. Принципи та методи наукового пізнання

Сучасна наука керується трьома основними принципами пізнання: принципом детермінізму, принципом відповідності і принципом субсидіарності.

Принцип детермінізму, будучи загальнонауковим, організовує побудову знання в конкретних науках. Детермінізм виступає, перш за все, у формі причинності як сукупності обставин, які передують у часі якій-небудь даній події і викликають її. Тобто, має місце зв'язок явищ і процесів, коли одне явище, процес (причина) за певних умов породжує, виробляє інше явище, процес (наслідок).

Сучасне розуміння принципу детермінізму передбачає наявність різноманітних об'єктивно існуючих форм взаємозв'язку явищ, багато з яких виражаються у вигляді співвідношень, що не мають безпосередньо причинного характеру, тобто прямо не містять моменту породження одного іншим. Сюди входять просторові і тимчасові кореляції, функціональні залежності і т.д.

Принцип відповідності означає наступність наукових теорій. Нові теоретичні знання бувають корисні для розвитку науки, але якщо вони не будуть співвідноситися з колишніми, то наука перестане бути цілісною.

Сутність принципу додатковості полягає в наступному: відтворення цілісності явища вимагає застосування в пізнанні взаємовиключних

«додаткових» класів понять. За допомогою додатковості встановлюється еквівалентність між класами понять, комплексно описують суперечливі ситуації в різних сферах пізнання (загальне розуміння принципу додатковості).

Методи наукового пізнання

Метод – це спосіб досягнення поставленої мети. Метод об'єднує суб'єктивні та об'єктивні аспекти пізнання. Метод є об'єктивним, оскільки дозволяє відобразити дійсність та її взаємозв'язки. Отже, метод є програмою побудови і практичного застосування теорії. Одночасно з цим метод

суб'єктивний, оскільки є знаряддям думки дослідника та включає в себе його суб'єктивні особливості.

Методи досліджень бувають: загальні, що діють у всіх галузях науки і на всіх етапах дослідження; загальнонаукові, тобто придатні для всіх наук; часткові – для певних наук; спеціальні – для однієї специфічної науки. Такий поділ методів завжди умовний, оскільки в міру розвитку пізнання науковий метод може переходити з однієї категорії в іншу.

Загальнонаукові методи – це система принципів, прийомів, що мають загальний, універсальний характер, є абстрактними, суворо не регламентовані, не піддаються формалізації та математизації; використовуються в усіх чи майже в усіх науках з урахуванням особливостей конкретних об'єктів дослідження.

Загальнонаукові методи поділяються на:

– методи емпіричного дослідження (спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент);

– методи, що використовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівні дослідження (абстрагування, аналіз і синтез, індукція та дедукція, моделювання та ін.);

– методи теоретичного дослідження (сходження від абстрактного до конкретного, ідеалізація, формалізація, аксіоматичний метод).

На емпіричному рівні переважає живе споглядання (чуттєве пізнання), раціональний момент тут наявний, але має підпорядковане значення. Тому досліджуваний об'єкт відображається переважно з боку зовнішніх зв'язків та проявів, що доступні живому спогляданню. Збирання фактів, їх первинний опис, узагальнення, систематизація – характерні ознаки емпіричного пізнання.

Теоретичний рівень дослідження пов'язаний з більш глибоким аналізом фактів, з проникненням у сутність досліджуваних явищ, з пізнанням та формулюванням законів, тобто з поясненням реальної дійсності.

Кожен науковий метод має відповідати таким критеріям:

– ясність – загальнозрозумілість методу;

– детермінованість – сувора послідовність використання методу;

– націленість – підпорядкованість методу досягненню певної мети, розв'язанню певних конкретних завдань;

– результативність – здатність методу забезпечувати досягнення певної мети;

– надійність – здатність методу з великою ймовірністю забезпечувати отримання бажаного результату;

– економічність – здатність методу добиватися певних результатів із найменшими витратами засобів і часу.

До основних загальнонаукових методів пізнання відносять:

– спостереження – це спосіб безпосереднього вивчення предметів і явищ за допомогою органів чуття без втручання в процес з боку дослідника;

– порівняння – це виявлення відмінностей між об'єктами матеріального світу або знаходження в них спільного за допомогою органів чуття чи спеціальних пристроїв;

– підрахунок – це знаходження числа, що визначає кількісне співвідношення однотипних об'єктів або їх параметрів, котрі характеризують ті чи інші властивості;

– вимірювання – це фізичний процес визначення числового значення певної величини шляхом порівняння її з еталоном;

– експеримент – це одна із сфер людської практики, в результаті якої перевіряється істинність гіпотез або виявляються закономірності об'єктивного світу. Під час експерименту дослідник втручається в процес, який він вивчає, з метою пізнання. При цьому одні умови досліджування ізолюються, інші виключаються, а деякі підсилюються або послаблюються;

– узагальнення – визначення загального поняття, в якому відображається головне або основне, що характеризує об'єкти певного класу. Це засіб для утворення нових наукових понять, формулювання законів і теорій;

– абстрагування – це відвертання уваги в думках від несуттєвих властивостей, зв'язків, відношень предметів і виділення декількох сторін, що цікавлять дослідника. Абстрагування, як правило, здійснюється у два етапи. На першому етапі визначаються несуттєві властивості, зв'язки тощо, на другому – досліджуваний об'єкт замінюють іншим, більш простим, тобто спрощеною моделлю, яка зберігає головне в складному. Розрізняють такі види абстрагування: ототожнювання (утворення понять шляхом об'єднання предметів, виділених за своїми властивостями, в особливий клас); ізолювання (відокремлення властивостей, невід'ємно пов'язаних з предметами); конструктивізація (не береться до уваги невизначеність між реальними об'єктами); припущення можливого здійснення;

– формалізацію – відображення об'єкта або явища в знаковій формі певної спеціальної мови (математики, фізики, хімії тощо) і забезпечення можливості дослідження реальних об'єктів та їх властивостей через формальне дослідження відповідних знаків;

– аксіоматичний метод – спосіб побудови наукової теорії, при якому деякі твердження (аксіоми) приймаються без доведень і тоді використовуються для отримання решти знань (за певними логічними правилами);

– аналіз – метод пізнання, при якому предмет дослідження (об'єкт, властивості тощо) розкладається на окремі складові частини. У зв'язку з цим аналіз лежить в основі аналітичного методу досліджень;

– синтез – це поєднання окремих сторін предмета дослідження в єдине ціле. Аналіз і синтез взаємозв'язані та уособлюють єдність протилежностей. Розрізняють такі види аналізу і синтезу: прямий, або емпіричний, метод (використовують для виділення окремих частин об'єкта); елементно-теоретичний метод (базується на уявленнях про причинно-наслідкові зв'язки різних явищ); структурно-генетичний метод (вилучення із складного явища таких елементів, які створюють вирішальний вплив на решту сторін об'єкта);

– гіпотетичний метод пізнання передбачає розробку наукової гіпотези на основі вивчення фізичної, хімічної чи будь-якої іншої суті досліджуваного явища за допомогою описаних вище способів пізнання. Потім формулюються гіпотези, складається розрахункова схема алгоритму (моделі), здійснюється її

вивчення, аналіз і розробка теоретичних положень.

Важливими поняттями в теорії пізнання є індукція – умовивід від фактів до деякої гіпотези, та дедукція – умовивід, в якому висновок про деякий елемент множини робиться на основі знань загальних властивостей всієї множини. Найважливіше правило дедукції формулюється так: «Якщо із висловлювання А слідує висловлювання В, а висловлювання А є істинним, то В також є істинним».

Одним із методів наукового пізнання є аналогія, за допомогою якої одержують знання про предмети і явища на основі їх подібності з іншими.

Як у соціально-економічних, так і в технічних дослідженнях часто використовують історичний метод пізнання. Цей метод передбачає дослідження виникнення, формування і розвитку об'єктів у хронологічній послідовності, в результаті чого дослідник одержує додаткове знання про процес, який вивчає.

При гіпотетичному методі пізнання дослідник часто звертається до ідеалізації – створення в думках об'єктів, які практично нездійсненні (наприклад, ідеальний газ, абсолютне тверде тіло). У результаті ідеалізації реальні об'єкти позбавляються деяких властивостей і наділяються гіпотетичними властивостями.

Під час дослідження окремих систем з різного виду зв'язками, що характеризуються як безперервність та детермінованість, так і дискретністю та випадковістю, використовуються системні методи (дослідження операцій, теорія масового обслуговування, теорія керування, теорія множин тощо).

Лекція 5. Рівні та методологія 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. Варто зазначити, що факти мають науково-пізнавальну цінність тільки в тих випадках, коли вони систематизовані, між ними розкриті невідповідності та визначені причини наслідків. Таким чином, завдання виявлення істини потребує не тільки збору фактів, а й правильного їх теоретичного оброблення. Початкова систематизація фактів та їх аналіз виконуються вже в процесі спостережень, міркувань, експериментів, бо ці методи включають у себе не тільки чуттєве сприйняття предметів і явищ, але й їх відбір, класифікацію, обдумування сприйнятого матеріалу, його фіксування.

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. У процесі цієї роботи співвідносяться попередні наукові уявлення з новими, що виникають. На теоретичному рівні наукове мислення звільняється від емпіричного опису, створюється теоретичне узагальнення. Таким чином, новий теоретичний зміст знань надбудовується над емпіричними знаннями. На теоретичному рівні пізнання науковці використовують логічні методи подібності або відмінності, розробляють нові системи знань або вирішують завдання подальшого узгодження теоретично розроблених систем з накопиченими новими експериментальними результатами.

До методів метатеоретичного рівня відносять тільки діалектичний метод і метод системного аналізу. З допомогою цих методів досліджуються власне 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. Центральним завданням цього рівня досліджень є пізнання умов формалізації наукових теорій і вироблення формалізованих мов, так званих метамов.

У процесі розвитку технічних наук наукові дослідження виконуються на двох рівнях: емпіричному та теоретичному. Рівні відрізняються глибиною, повнотою і всебічністю дослідження об'єкта; цілями, методами досягнення та способами вираження знань; ступенем значимості в них чуттєвого та раціонального пізнання. 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, тобто домінує чуттєво-сенситивний компонент у пізнанні.

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.

Методи обох рівнів органічно взаємопов'язані й взаємно зумовлюють один одного у цілісній структурі наукового пізнання. Емпіричне переходить у теоретичне, а те, що спочатку було теоретичним, на більш високому етапі розвитку, стає емпірично доступним.

2. 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. Теорія проходить у своєму розвитку різні стадії – від якісного пояснення і кількісного вимірювання процесів до їх формалізації – і може бути представлена як у вигляді правил, так і у вигляді математичних рівнянь.

Основні завдання теоретичних досліджень:

- узагальнення результатів дослідження, виявлення загальних закономірностей шляхом оброблення та інтерпретації дослідних даних;
- поширення результатів дослідження на низку подібних об'єктів без повторення всього обсягу досліджень;
- підвищення надійності експериментального дослідження об'єкта (пояснення параметрів і умов спостереження, точності вимірювань).

Теоретичні дослідження передбачають такі етапи виконання:

- аналіз фізичної суті процесів, явищ;
- формулювання гіпотези дослідження;
- побудова (розробка) фізичної моделі;
- проведення математичного дослідження;
- аналіз теоретичних рішень;
- формулювання висновків.

Якщо не вдається виконати математичне дослідження, то формулюється математичне дослідження в словесній формі з використанням графіків, таблиць та ін. У технічних науках необхідно прагнути до застосування математичної формалізації висунутих гіпотез і 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 з метою виявлення, за яких умов зникне «перешкода».

Постановка завдання є найважливішою частиною теоретичних

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

Лекція 6. Сучасні теоретичні дослідження

1. Сучасні методи теоретичних досліджень

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

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

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

Дедуктивною називають таку розумову конструкцію, в якій висновок щодо якогось елемента множини робиться на підставі знання загальних властивостей всієї множини. Змістом дедукції як методу пізнання є використання загальних наукових положень при дослідженні конкретних явищ.

Під індукцією розуміють перехід від часткового до загального, коли на підставі знання про частину предметів класу робиться висновок стосовно класу в цілому. Дедукція та індукція – взаємно протилежні методи пізнання.

Метод ідеалізації – конструювання подумки об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні. Мета ідеалізації: позбавити реальні об'єкти деяких притаманних їм властивостей і наділити (подумки) ці об'єкти певними нереальними і гіпотетичними властивостями.

Формалізація – метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі. Вона забезпечує узагальненість підходу до вирішення проблем; символіка надає стислості та чіткості фіксації значень; однозначність символіки; діє змогу формувати знакові моделі об'єктів і замінювати вивчення реальних речей і процесів

вивчення цих моделей.

Аксиоматичний метод – метод побудови наукової теорії, за якою деякі твердження приймаються без доведень, а всі інші знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил.

Системний аналіз – вивчення об'єкта дослідження як сукупності елементів, що утворюють систему. У наукових дослідженнях він передбачає оцінку поведінки об'єкта як системи з усіма факторами, які впливають на його функціонування.

Виконати теоретичні дослідження означає спробувати розв'язати поставлене завдання теоретичним шляхом. Тому в багатьох випадках виконання теоретичних досліджень зводиться до складання і розв'язання математичної задачі, яка базується на конкретних фізичних законах зміни процесів і явищ. Із цієї точки зору фізичні закони можна розділити на дві групи:

- закони збереження (енергії, заряду, імпульсу та ін.);
- закони руху (механічного, електричного, теплового та ін.).

На основі законів статички (першої групи) складаються рівняння балансу, а на основі законів другої групи – рівняння руху, тобто динаміки, які описуються диференціальними рівняннями.

Математична підготовка спеціаліста, який хоче самостійно виконувати теоретичні дослідження технічних процесів, повинна бути досить високою. Поряд з класичними розділами математичного аналізу для дослідження процесів часто застосовують сучасні розділи математики: лінійне, нелінійне, динамічне програмування, теорію гри і статистичних розв'язків, теорію масового обслуговування, метод кінцевих елементів, теорію катастроф та ін.

У найскладніших випадках, коли процеси дослідження та їх результати залежать від великого числа факторів, які складно взаємодіють між собою, аналітичні методи взагалі неприйнятні. Тоді застосовують метод статистичного моделювання (Монте–Карло). Ідея цього методу полягає у тому, що процес дослідження відтворюється на ЕОМ з усіма випадковостями, що його супроводжують.

Метод статистичного моделювання, відомий під назвою «метод Монте-Карло», – це числовий метод розв'язування математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин. Датою народження методу Монте-Карло вважають 1949 р., коли з'явилася стаття під назвою «The Monte Carlo method». Автори цього методу – американські математики Дж. Нейман і С. Улам, хоча теоретична основа цього методу була відома давно. Навіть деякі задачі статистики іноді розраховували за допомогою випадкових вибірок, тобто фактично «методом Монте-Карло». Для кращого розуміння методу розглянемо такий приклад. Нехай нам треба визначити площу плоскої фігури S . Це може бути будь-яка фігура, обмежена криволінійними або прямолінійними контурами (рис. 6.1). Розташуємо цю фігуру в квадрат зі сторонами 1×1 у системі координат. Оберемо у середині квадрату N випадкових точок.

Позначимо через N число точок, що потрапили в середину фігури S . Геометрично очевидно, що площа S наближено дорівнює відношенню N/N . Чим більше N , тим більша точність цієї оцінки. У прикладі, що зображений на

рис. 3.1, обрали 40 випадкових точок. З них 12 точок виявилися в середині фігури S . Отже, відношення N'/N буде $12/40=0,3$, а фактична площа фігури $S = 0,35$.

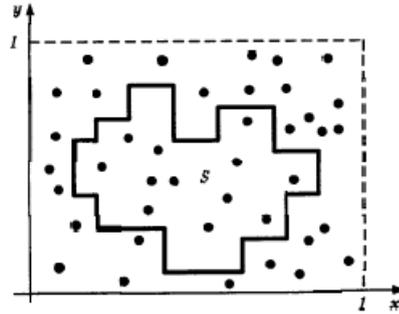


Рис. 6.1. Визначення площі фігури за методом Монте-Карло

Перша особливість цього методу – простота алгоритму. Як правило, складають програму для одного випробування (у нашому прикладі треба обрати випадкову точку в квадраті й перевірити чи належить вона фігурі S). Потім цей дослід повторюють N разів, при цьому кожен дослід не залежить від інших. За результатами дослідів визначають середні величини, тому цей метод одержав іншу назву – «метод статистичних випробувань».

Друга особливість цього методу – похибка обчислень, як правило,

пропорційна $\sqrt{D/N}$, де D – деяка стала, N – число випробувань. Звідси видно, що для того, щоб зменшити похибку у 10 разів (інакше кажучи, щоб отримати у відповіді ще один вірний десятковий знак), треба збільшити N у 100 разів. Звичайно, домогтися високої точності таким шляхом неможливо. Тому вважають, що метод Монте-Карло особливо ефективний для задач, де результат може бути невисокої точності (5...10%).

Дискретні та безперервні випадкові величини.

Випадковою подією називають таку подію, котра за здійснення деяких умов може відбутися або не відбудеться. Відносною частотою P^* випадкової події A називають відношення:

$$P^*(A) = p^* = \frac{m^*}{n^*}$$

де m^* – число появи події A ; n^* – загальне число проведених випробувань.

Досвід показує, що коли число випробувань у кожній серії невелике, то відносні частоти появи події A у кожній серії можуть істотно відрізнятись. Але коли число випробувань у серіях велике, то відносні частоти перестають носити випадковий характер і наближаються до одного сталого числа, котре називають імовірністю появи випадкової події A . Це записують так:

$$P^{\square}(A) = p^*$$

Отже, за необмеженого збільшення числа випробувань відносна частота події A зводиться до імовірності p появи цієї події: Якщо випадкова подія A є цифровою величиною, то її називають випадковою величиною, і вона також характеризується імовірністю. Випадкова величина ξ називається дискретною, якщо вона може набувати дискретної множини значень $(x_1, x_2, \dots,$

x_n).

Дискретна випадкова величина ξ визначається таблицею T :

$$\xi \approx \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix}. (T)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n – можливі фіксовані значення величини ξ ; p_1, p_2, \dots, p_n – відповідні їм імовірності.

Таблиця (T) називається розподілом випадкової величини. Числа x_1, x_2, \dots, x_n можуть набувати будь-яких значень, але імовірності p_1, p_2, \dots, p_n повинні задовольняти дві умови:

- усі p_i додатні $p_i > 0$;
- сума всіх p_i дорівнює 1: $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$.

Крім дискретних (фіксованих, роздільних) випадкових величин, розрізняють неперервні випадкові величини. Будемо називати випадкову величину ξ неперервною, якщо вона може набувати будь-якого значення на певному інтервалі (a, b) .

Прикладом неперервних величин будуть розміри партії деталей, виготовлених у межах допуску; час напрацювань на відмову вузлів, деталей; час відновлення машин та ін.

Неперервна випадкова величина ξ визначається заданням інтервалу (a, b) , що містить можливі значення цієї величини, і функцією $p(x)$, яка називається густиною ймовірностей випадкової величини ξ (або густиною розподілу ξ). Множиною значень ξ може бути будь-який інтервал, але густина $p(x)$ має задовольняти дві умови:

- 1) густина $p(x)$ завжди додатна: $p(x) > 0$;
- 2) інтеграл від густини $p(x)$ по всьому інтервалу (a, b) дорівнює 1.

$$\int p(x) dx = 1$$

Випадкова величина γ , що знаходиться в інтервалі $(0, 1)$ і має густину $p(x)=1$, називається рівномірно розподіленою в інтервалі $(0, 1)$ (рис. 6.2).

Математичне сподівання для рівномірно розподіленої величини γ визначається за формулою:

$$M_\gamma = \int_0^1 xp(x)dx = \int_0^1 x dx = \frac{1}{2}$$

Дисперсія:

$$D = \int_0^1 x^2 p(x) dx - M_\gamma^2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{4} = \frac{1}{12}$$

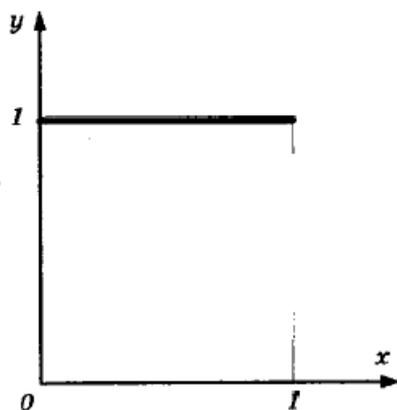


Рис. 6.2. Рівномірно розподілена випадкова величина y

Рівномірно розподілена на інтервалі $(0, 1)$ величина y використовується для розігрування випадкових величин за методом Монте-Карло.

Загальна схема методу Монте-Карло. Нехай необхідно підрахувати якусь невідому величину m . Спробуємо придумати таку випадкову величину ξ , щоб математичне сподівання цієї величини $M \xi = m$. Дисперсія при цьому $D \xi = b^2$.

Розглянемо N незалежних випадкових величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$, розподіл яких збігається з розподілом ξ . Якщо N велике, то за центральною граничною теоремою теорії ймовірностей розподіл суми цих випадкових величин $p_N = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_N$ буде приблизно нормальним з параметрами $a = N \cdot m; \sigma = b\sqrt{N}$.

Користуючись правилом «трьох сигм», за яким доведено, що на інтервалі $\pm 3\sigma$ лежить 99,7% усіх значень випадкової величини, запишемо:

$$P\{N \cdot m - 3b\sqrt{N} < p_N < N \cdot m + 3b\sqrt{N}\} \approx 0.997$$

Якщо розділити вираз у фігурних дужках на N , то одержимо еквівалентну нерівність, а ймовірність її залишиться такою ж:

$$P\left\{m - 3b\sqrt{N} < \frac{p_N}{N} < m + \frac{3b}{\sqrt{N}}\right\} \approx 0.997$$

Останнє співвідношення можна переписати у вигляді:

$$P\left\{\left|\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \xi_j - m\right| < \frac{3b}{\sqrt{N}}\right\} \approx 0.997$$

Це надзвичайно важливе для методу Монте-Карло співвідношення, тому що забезпечує метод визначення m та оцінку похибки.

Отже, знайдемо N значень випадкової величини ξ . З формули видно, що середнє арифметичне цих значень буде приблизно дорівнювати m . Похибка такого наближення не більше $3b/\sqrt{N}$. З ростом N похибка прямує до 0. На практиці часто орієнтуються не на оцінку інтервалу $3b/\sqrt{N}$, а на імовірну помилку, котра приблизно дорівнює:

$$\gamma_N = 0,6745 \frac{3b}{\sqrt{N}}$$

2. Застосування ЕОМ у теоретичних дослідженнях

Розв'язання науково технічних та математичних задач є однією з головних сфер застосування комп'ютера і здійснюється у таких напрямках:

– використання математичних пакетів (електронні таблиці Excel, пакети MathCad, Mathematica, Stat та ін.) для виконання математичних обчислень та графічних залежностей;

– створення спеціальних програм із застосуванням популярних мов програмування (C++, Visual Basic, Delphi).

Перший напрям не вимагає від науковця глибокого знання програмування і дозволяє сконцентруватися саме на розв'язанні відповідної математичної задачі, а не на програмуванні математичних функцій, які вже запрограмовані в пакеті. Великою перевагою математичних пакетів є можливість подати результати обчислень не тільки у числових значеннях, а й у вигляді графіків та діаграм.

Другий напрям вимагає досконалого знання мов програмування і використовується, здебільшого, для створення оригінальних програм для задач, які не розв'язуються за допомогою математичних пакетів. У першу чергу це стосується створення динамічних моделей реальних виробничих процесів з використанням елементів графіки та мультимедіа, які органічно вбудовуються у програму.

Серед існуючих математичних програм найпотужнішим математичним пакетом є MathCad, який відповідає запитам як інженера, так і науковця. Однією з найважливіших переваг пакета є реалізація принципу WYSIWYG, який означає, що все відображене на екрані буде надрукованим на папері. Згідно з цим принципом формули у програмі виглядають так само, як у математичних виразах.

Такий підхід до подання формул дозволяє уникнути помилок під час створення програми розрахунку. Система має зручну і досконалу графічну оболонку, яка надає користувачеві значну кількість інструментів для роботи з формулами, числами, графіками та текстом. У MathCad доступні декілька сотень операторів і логічних функцій, які призначені для числового і символічного розв'язання математичних задач різної складності. До цих функцій належать функції обчислення статистичних показників, показників регресивного аналізу, матричні обчислення та багато інших, які в першу чергу цікавлять науковців.

Однією з багатьох унікальних розробок MathCad є досконала довідкова та навчальна система з прикладами, які можна не тільки вивчати та переглядати, а й безпосередньо використовувати для прискорення виконання складних обчислень. Усі приклади оформлені у вигляді електронних книг, а головною книгою можна вважати «Центр ресурсів», у якій наведено численні приклади розв'язання типових задач. Існує можливість створення, а також пошуку персональних електронних книг через Internet.

Деякі завдання наукових досліджень вимагають створення програм із застосування спеціальних сучасних середовищ програмування. Одним із таких середовищ є пакет об'єктно-орієнтовного програмування Delphi, який має

досконалий і сучасний графічний інтерфейс, можливості приєднання та використання стандартних функцій Windows, підтримує роботу в локальних мережах, обмінюється даними з іншими програмами в процесі виконання.

Пакет Delphi побудований на нових засадах, пов'язаних з операційною системою Windows, об'єктно-орієнтовним програмуванням, технологією візуального проектування, використанням як готових стандартних компонент, так і розроблених користувачем і поміщених у бібліотеку. Завдяки цим якостям науковець може швидко і якісно розробляти програми для тих конкретних завдань, які виникають під час дослідження. Найефективнішим є розроблення складних технологічних процесів, які відрізняються ймовірнісним характером та недостатньо теоретично вивчені. Для дослідження таких процесів необхідно створювати комп'ютерні моделі, які б поєднували графічне зображення процесу, його математичний опис та динамічну зміну впродовж певного часу.

Використання можливостей Delphi й середовища Windows дозволяє:

- під час розроблення на екрані мати всі елементи керування майбутньою програмою; швидко створювати меню користувача;
- одержувати на екрані комп'ютера зображення, які ілюструють програму, вхідні й вихідні дані у вигляді дво- та тривимірних графіків;
- здійснювати імпорт графічних зображень із графічних редакторів замість програмування графіки;
- контролювати зміну вихідних параметрів упродовж роботи.

Програма COSMOS – це модуль аналізу методом скінченних елементів, який інтегрований у систему просторового моделювання Solid Works. Продукт розроблений американською фірмою Structural Research and Analysis Corporation (SPAC). COSMOS Works призначений для розв'язання задач механіки твердого тіла, яке знаходиться під дією деформацій, а також виявлення температурних деформацій. Програма використовує геометричну модель деталі або складальну одиницю, яка попередньо створюється в програмі Solid Works для формування розрахункової моделі.

Аналіз методом скінченних елементів починається з апроксимації досліджуваної області та поділу її на комірки сітки. Такі комірки називають скінченними елементами. У процесі розрахунку можна задати кількість і форму елементів. Під час апроксимації програма розв'язує систему рівнянь, яка описує напруження, що відповідає кожному вузлу сітки скінченних елементів. Результат виводиться на дисплей комп'ютера в графічному вигляді. Величина напруження в точці відповідає відтінкам кольорів на поверхні досліджуваної моделі деталі.

COSMOS Works може бути використаний для визначення розподілу напружень або температур у перерізах відповідних і навантажених деталей з інструментальних та конструкційних матеріалів.

Лекція 7. Системний підхід у науковому пізнанні

1. Системний підхід

Системний підхід – один із головних напрямів методології спеціального наукового пізнання та соціальної практики, мета і завдання якого полягає у

дослідження певних об'єктів як складних систем. Системний підхід сприяє формуванню відповідного адекватного формулювання суті досліджуваних проблем у конкретних науках і вибору ефективних шляхів їх вирішення.

Методологічна специфіка системного підходу полягає в тому, що метою дослідження є вивчення закономірностей і механізмів утворення складного об'єкта з певних складових. При цьому особлива увага звертається на різноманіття внутрішніх і зовнішніх зв'язків системи, на процес (процедуру) об'єднання основних понять у єдину теоретичну картину, що дає змогу виявити сутність цілісності системи.

Системний підхід – це категорія, що не має єдиного визначення, оскільки трактується надто широко і неоднозначно. У літературі наводяться наступні трактування або визначення системного підходу:

- інтеграція, синтез розгляду різних сторін явища або об'єкта (А. Холл);
- адекватний засіб дослідження і розробки не будь-яких об'єктів, що довільно називаються системою, а лише таких, котрі є органічним цілим (С. Оптнер);
- вираження процедур подання об'єкта як системи та способів їх розробки (В. Садовський);
- широкі можливості для одержання різноманітних тверджень та оцінок, які передбачають пошук різних варіантів виконання певної роботи з подальшим вибором оптимального варіанта (Д. Бурчфільд).

Такий підхід має історичне підґрунтя. Так, до середини XIX ст. пізнавальні уявлення про цілісність системи розвивалися на рівні конкретних предметів, при цьому взаємозв'язок та єдність частин були очевидними як за зовнішніми ознаками, так і за властивостями. Спосіб пояснення сутності якогось явища (в ширшому плані) мали механістичний, натурфілософський, метафізичний характер. Водночас розвивалися ідеалістичні погляди на природу цілісності системи, починаючи від простих об'єктів і закінчуючи складними.

На початку XX ст. наука піднялася на якісно новий щабель розвитку. Головним її надбанням стала проблема структурної організації та забезпечення функціонування складних системних об'єктів, тому в сучасній науці формуються та широко використовуються категорії системності. У результаті такого прогресу в процесах наукових досліджень центральне місце займає системний підхід.

Необхідність вирішення наукових і практичних завдань нового типу поєднується з розвитком загальнонаукових і конкретно-наукових (спеціальних) теорій і гіпотез. У процесі їх побудови відобразилися принципи та положення системного підходу. Так, В. І. Вернадський розвинув у 1930–ті роки концепцію про біосферу, в основу якої був покладений новий тип найскладніших системних об'єктів глобального масштабу – біогеоценоз. Ідеї системного підходу застосовуються в екології, фізіології, багатьох напрямках біології, фізики, хімії, а також у психології та суспільних науках.

Друга половина XX ст. характеризувалася постановкою та вирішенням системних завдань у суспільній практиці в зв'язку із запровадженням складних технічних і соціально-економічних систем. При цьому різноманітні технічні,

організаційні, економічні та соціальні питання і проблеми, методи і засоби їх вирішення концентрувалися навколо єдиних цільових програм. Типовим прикладом можуть бути космічні, енергетичні, технологічні проекти. У цих комплексних програмах значне місце займала все таки проблема типу «людина-машина».

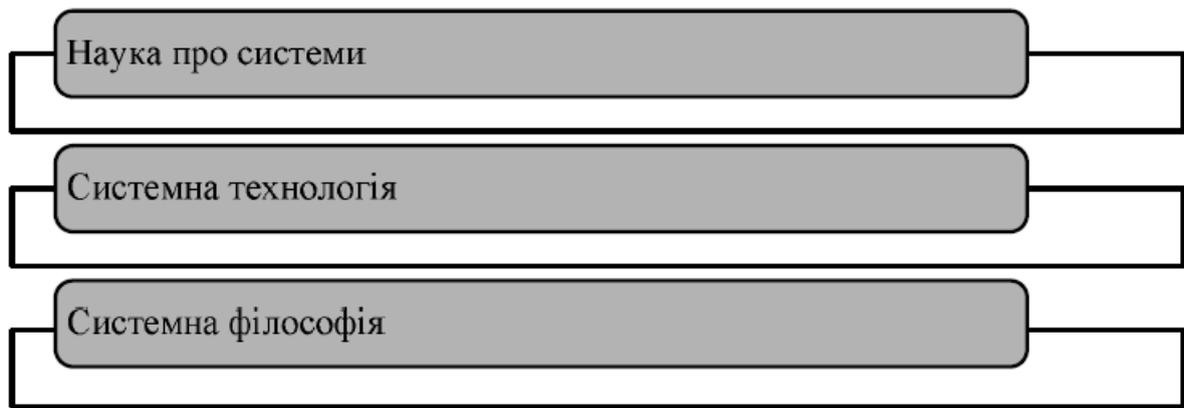
Таким чином, науково-технічна революція характеризується взаємним проникненням (інтеграцією) різних напрямів теорії і практики. Масштабні об'єкти трудової діяльності і наукового пізнання мають складну системну природу, а дослідження складних системних об'єктів потребує гармонійного сполучення аналітичних і синтетичних методів вивчення структури та функцій системи.

Системний підхід не існує у вигляді чіткої методики з визначеною логічною концепцією. Це – система, утворена із сукупності логічних прийомів, методичних правил і принципів теоретичного дослідження, що виконує таким чином евристичну функцію в загальній системі наукового пізнання. Прогресивне значення системного підходу можна коротко визначити так: предмети (об'єкти) дослідження і принципи системного підходу мають ширші масштаби, зміст і значення порівняно з традиційним рівнем наукового пізнання та практики. Прикладом цього є такі поняття (категорії), як біосфера, біогеоценоз, людина-машина тощо.

Системний підхід містить у собі принципово нову головну установку, спрямовану в своїй основі на виявлення конкретних механізмів цілісності об'єкта і, при нагоді, повної типології його зв'язків. Значні труднощі, які ускладнюють вирішення цього головного завдання, полягають у тому, що виявлення у багатокомпонентних об'єктах різноманітних зв'язків є лише одним із основних завдань дослідження системного об'єкта. З іншого боку, важливо здійснювати порівняння динаміки всього різноманіття зв'язків у співмірному вигляді за логічно однорідним критерієм, загальним для цілісної системи. Так, наприклад, у системі управління обсяг інформації, що надходить до керуючих структур, вимірюють у бітах. Істотним є те, що таким шляхом встановлюється не лише кількість, а й якість інформації, тобто її зміст для певного каналу зв'язку і системи загалом.

Системний підхід визначає також необхідність розчленування досліджуваних багатокомпонентних об'єктів, на основі принципу найбільшої важливості зв'язків для системи при різноманітті їхніх типів у кожній конкретній складовій системи. Обґрунтований вибір найбільш адекватного варіанта розчленування здійснюється за допомогою відокремлення сумірної одиниці аналізу (наприклад, суб'єкт господарювання, орган державного управління тощо). На такому підґрунті досліджуються основні властивості системного об'єкта при нерозривному зв'язку структури та функції в їх динаміці.

До основних напрямів системних досліджень можна віднести три основних тенденції, які встановив австралійський біолог і філософ Л. фон Берталанфі (1901–1972):



Наука про системи вивчає принципи застосування системних концепцій у природничих, суспільних науках і науках про поведінку на основі емпіричного дослідження. При цьому основна увага дослідника зосереджується на пізнанні цілого та цілісності, реалізуються підходи до оцінки рівнів складності об'єктів, аналізуються способи взаємодії та взаємовідносин компонентів системи. Для досягнення поставленої мети дослідження, виявлення подібності та ізоморфізму різних систем широко використовуються формальні методи, зокрема математичні моделі.

Системна технологія використовується для розв'язання проблем, що виникають у виробництві та суспільних відносинах, які можна досліджувати на основі теорії систем. Таким чином, у системному аналізі, в процесах управління системами, в дослідженні операцій, інформатизації тощо системний підхід використовується для пошуку практичних розв'язань конкретних проблем.

Системна філософія – це спроба концептуалізації взаємозв'язків і взаємозалежностей між науковими теоріями, котрі сформувались у різних галузях знань, і поєднання розділів традиційної науки в загальних філософських концепціях систем.

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

У науковій літературі до основних принципів системного підходу пропонується віднести:

– 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, тобто абстрагування від зайвої деталізації за умови збереження можливості адекватного описання системи;

– принцип ієрархії – виявлення або створення у системі ієрархічних зв'язків, модулів, цілей. В ієрархічних системах дослідження, як правило, розпочинається з «вищих» рівнів ієрархії, а в разі її відсутності дослідник повинен чітко визначити, в якій послідовності розглядатимуться складові системи та напрямок конкретизації уявлень;

– принцип функціональності – структура системи тісно пов'язана та обумовлюється її функціями; отже, створювати та досліджувати систему необхідно після визначення її функцій. У разі появи нових функцій системи доцільно змінювати її структуру, а не намагатися «прив'язати» цю функцію до старої структури;

– принцип розвитку – здатність до вдосконалення, розвитку системи за умови збереження певних якісних властивостей. При створенні та дослідженні штучних систем межі розширення функцій системи та її 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.

2. Поняття системи та її властивості

Застосування системного підходу як головного принципу побудови, функціонування і розвитку, а також дослідження будь-яких систем (системних об'єктів), передбачає володіння відповідним понятійним (категоріальним) апаратом.

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.

До основних характерних особливостей системи можна віднести наступні:

– 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: а) множиною елементів; б) зв'язками між ними; в) цілісним характером матеріального об'єкта, явища або процесу.

Можна відокремити такі головні групи властивих системам ознак, які характеризують:

– сутність і складність систем;

– зв'язок систем із зовнішнім середовищем;

– цілеспрямованість систем;

– параметри розвитку та функціонування систем. Розглянемо детальніше основні властивості системи.

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

Множинність. Одна і та 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 повністю. 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 кожен з них окремо, неможливо пізнати всі властивості системи загалом. Цю властивість ще називають системною або інтегративною. Емерджентність є результатом виникнення між елементами системи так званих синергічних зв'язків, які забезпечують більший загальний ефект функціонування системи, ніж сума ефектів елементів системи, що діють незалежно.

Синергетика (від грец. *synergetikos* – спільний, погоджений, діючий) науковий напрямок, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), які утворюються у відкритих системах (біологічних, фізико-хімічних, економічних, соціальних та ін.) 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 (наприклад, організації) характеризується, зокрема: безперервністю 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.

Застосування системного підходу в процесі наукового дослідження, зокрема в галузі державного управління та державної служби, передбачає дотримання наступних системних принципів:

Принцип	Характеристика
Цілісність	– принципова незведеність властивостей системи до суми властивостей елементів, що її складають, і неможливість виведення з останніх властивостей цілого, залежність кожного елементу від його місця, ролі, функцій тощо в межах системи
Структурність	– можливості опису системи через встановлення її структури, тобто зв'язків і відношень елементів, обумовленість поведінки системи не стільки поведінкою окремих елементів, скільки властивостями її структури
Взаємозалежність структури і середовища	– система формує і виявляє свої властивості в процесі взаємодії із зовнішнім середовищем, при цьому вона є провідним активним компонентом цієї взаємодії
Ієрархічність	– кожний компонент системи, відповідно, може розглядатись як система, а досліджувана система – як один із компонентів ширшої, глобальнішої системи;
Множинність опису кожної системи	– внаслідок принципової складності кожної системи її адекватне пізнання потребує побудови множини різних моделей, кожна з яких описує лише один аспект системи

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

певною мірою перебувають під впливом цієї системи.

Система може взаємодіяти із середовищем через:

– призначення, тобто, якщо призначення системи несумісне з середовищем, то необхідно або модифікувати призначення, або модифікувати систему та пристосовувати 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», запропонованої Н. Вінером (рис. 7.1).

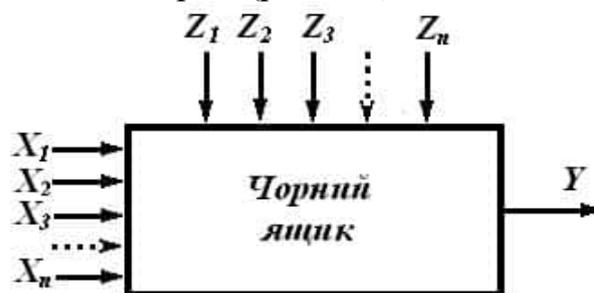


Рис. 7.1. Модель системи на основі принципу «чорна скринька»

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.

3. Класифікація систем

Класифікація систем передбачає їх поділ 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 поводять себе як статичні, а при інших – як динамічні.

У літературі наводяться й інші класифікації систем. Так, проф. Ю. Черняк пропонує наступний поділ систем.

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.

У теоретико-пізнавальному плані 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.

Кожний із цих підходів потребує відповідного специфічного наукового інструментарію для розв'язання трьох різних видів завдань.

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.

Головним системотвірним фактором є функції системи. Існує кілька думок стосовно того, що таке функція системи. Так, під функцією системи можна розуміти перетворення її входів у виходи. З іншої токи зору, функція системи може полягати у збереженні її існування, підтримці структури та впорядкованості. Іноді функцію системи ототожнюють із функціонуванням цієї ж системи, визначаючи її як спосіб, засіб або як дію для досягнення цілей системи.

Функція системи – це все те, що виконує система або може виконувати відповідно до свого призначення. Множина функцій системи є перетворення призначення системи в дії, тобто сукупність послідовних її станів у просторі та часі.

Окрім функції, до системотвірних факторів належить мета та ціль системи. Мета – це головне призначення системи, яке не є детермінованим і фіксованим, а може змінюватись у часі й не обов'язково єдино можливим чином. Мета конкретизується за допомогою цілей. Ціль системи – це бажаний стан її виходів. Системи, що мають ціль, називають цілеспрямованими. Цілі в часовому аспекті поділяються на: тактичні, стратегічні та ідеали. Тактична ціль – це бажані результати, досягнення яких відбувається за визначений і порівняно короткий період часу. Стратегічні цілі досягаються за довший час за умови досягнення тактичних цілей. Ідеал – це така ціль, що ніколи не досягається, але до якої система постійно прагне, реалізуючи тактичні і стратегічні.

За наявністю інформації про способи досягнення виокремлюють:

– функціональну ціль – ціль, шляхи та способи досягнення якої вже відомі, а тому повторюються у часі та просторі;

– ціль-аналог, яка є результатом дії іншої системи, але ніколи не реалізувалася системою, що досліджується, а коли й досягалась, то за інших зовнішніх умов;

– ціль розвитку – нова ціль, яка ніколи раніше не досягалась, вона по суті пов'язана з утворенням нової системи.

Системотвірним фактором є також стан системи, що 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.

Ще одним системотвірним фактором є наявність рівноваги, тобто здатності системи зберегти 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.

Лекція 8. Структура та взаємозв'язки систем

1. Зв'язки (потoki). Види зв'язків

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 елементами системи. Функції системи реалізуються через зв'язки, тобто через потоки енергії, людей, матеріальні та інформаційні. Структура ініціює потоки, спрямовуючи їх певними каналами, перетворює з певною затримкою в часі. 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) можна визначити наступним чином: два та більше об'єктів пов'язані, якщо за наявністю або відсутністю деяких властивостей в одних ми можемо робити висновки про їхню наявність або відсутність в інших. Ця властивість зв'язків й обумовлює особливу пізнавальну цінність їх виявлення. Дослідження зв'язків дає змогу пізнавати об'єкти не безпосередньо, а опосередковано, через інші об'єкти, що знаходяться з ними в тому чи іншому зв'язку.

Між елементами довільної системи та між різними системами існують зв'язки, за допомогою яких вони взаємодіють між собою. Ці зв'язки можуть виражатися в обміні речовиною, енергією чи інформацією між взаємодіючими системами або елементами. Система може мати зовнішні та внутрішні зв'язки. Зв'язки можуть бути також як прямими, так і зворотними. Системи мають цілком нові якості, що відсутні в елементах системи. Ці якості виникають саме завдяки наявності зв'язків між елементами.

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.

Системний підхід у науковому дослідженні передбачає наявність класифікації зв'язків, зокрема:

- Зв'язки взаємодії (координації), серед яких можна розрізнити зв'язки об'єктів. Особливий вид зв'язків взаємодії – це зв'язки між окремими людьми, а також між колективами та соціальними групами. Специфіка їх полягає в тому, що вони опосередковуються цілями, які ставить перед собою кожна зі сторін взаємодії. У цьому виді зв'язків можна розрізнити кооперативні та конфліктні. Слід зазначити, що зв'язки взаємодії – найширший клас зв'язків, так чи інакше присутній у всіх інших типах зв'язків.

- Зв'язки породження (генетичні), коли один об'єкт є основою, що породжує до життя інший об'єкт.

- Зв'язки перетворення, серед яких можна розрізнити ті, котрі реалізуються через певний об'єкт, що забезпечує це перетворення, і ті, які реалізуються шляхом безпосередньої взаємодії двох або більше об'єктів, у процесі якої чи завдяки якій ці об'єкти разом або окремо переходять з одного стану в інший.

- Зв'язки побудови (структурні), котрі передбачають, що наявність одних елементів системи обумовлює необхідність інших елементів, які взаємодіють з першими.

- Зв'язки функціонування, що забезпечують життєдіяльність об'єкта або його діяльність. Об'єкти, які поєднуються такими зв'язками, спільно виконують певну функцію, причому ця функція може характеризувати або один об'єкт, або більш широке ціле, стосовно якого й існує функціональний зв'язок цих об'єктів.

- Зв'язки розвитку, які можна розглядати як модифікацію функціональних зв'язків і зв'язків стану з тією різницею, що розвиток суттєво відрізняється від простої зміни стану.

Розвиток описується як зміна станів об'єкта, що розвивається, однак основним змістом процесу при цьому є достатньо суттєві зміни в побудові об'єкта і формах його життєдіяльності. Таким чином, системний об'єкт вимушений виходити на інший рівень функціонування, раніше недоступний або неможливий для нього, а умовою такого виходу є зміна його організації.

Зв'язки управління, які залежно від конкретного виду можуть утворювати різновид або функціональних зв'язків, або зв'язків розвитку.

Крім наведеної, існують й інші класифікації зв'язків, наприклад суттєві й несуттєві, внутрішньосистемні та міжсистемні, взаємні та односторонні, суперечливі та несуперечливі, корисні та шкідливі, слабкі та тісні, важливі і неважливі, жорсткі та гнучкі.

Особливу увагу доцільно звернути на наступні три види зв'язків.

Рекурсивний – необхідний зв'язок між соціально-економічними явищами та об'єктами, при яких є очевидним, де причина, а де наслідок.

Синергічний – це зв'язок, який при спільних діях незалежних елементів системи забезпечує зростання загального ефекту до більшого значення, ніж сума ефектів цих елементів, якщо вони діють незалежно. Отже, це

підсилюючий зв'язок елементів системи.

Циклічний – складний обернений зв'язок, при якому функціонування або розвиток однієї підсистеми створює основу для функціонування та розвитку другої і навпаки.

2. 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. З сучасної точки зору можна сказати, що 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 і 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.

3. Сутність системного аналізу та його предмет

У процесі системного аналізу створюється абстрактна концептуальна система, котра описується за допомогою символів або інших засобів і є певною структурно-логічною конструкцією, мета якої – слугувати інструментом для розуміння, опису та більш повної оптимізації поведінки реальної системи, зв'язків і відношень її елементів.

Такою абстрактною системою може бути математична, комп'ютерна, словесна (вербальна) модель або система моделей. Отже, системний аналіз – це методологія дослідження таких властивостей і відношень в об'єктах, які складно спостерігати і важко розуміти за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді систем, і вивчення їх властивостей і зв'язків як відношень між цілями та засобами їх реалізації.

Термін «системний аналіз» переважно використовується для характеристики процедури проведення системного дослідження, що полягає в розчленуванні проблеми на її складові, які доступніші для вирішення, у використанні адекватних спеціальних методів для розв'язання окремих підпроблем і, зрештою, в об'єднанні часткових рішень таким чином, щоб проблема була вирішена загалом. Отже, системний аналіз передбачає не лише

органічне поєднання аналітичного розчленування проблеми на частини та дослідження зв'язків і відношень між цими частинами, а й вимагає розгляду цілей і завдань, загальних для усіх частин, потім відповідно до одержаних результатів – здійснення синтезу загального рішення із частковими рішеннями. Систему загальному розумінні можна розглядати як спосіб розв'язання певної проблеми, тобто як сукупність усіх необхідних знань, інформації, матеріальних засобів і способів їх використання, організації діяльності людей, що спрямована на розв'язання проблеми. Системний аналіз призначений для правильного вибору системного інструментарію з метою розв'язання поставленої проблеми. Оскільки мета системи формується, як правило, в загальних термінах, її необхідно конкретизувати і довести через послідовні рівні до конкретних критеріїв і показників. Таким чином, декомпозиція мети – одне з призначень системного аналізу. Для досягнення мети можуть використовуватися різноманітні засоби з різних сфер діяльності людини, виникає необхідність відокремлення єдиного методу для відбору засобів її досягнення, що відповідають визначеним критеріям, тому ще одне призначення системного аналізу – встановлення критеріїв відбору засобів для досягнення мети. Після визначення цих засобів та способів дій приймаються багатоваріантні рішення. Отже, обґрунтування вибору рішення

– важливе завдання системного аналізу.

Системний аналіз базується на таких методологічних принципах:

- органічна єдність об'єктивного та суб'єктивного в процесі наукового дослідження;
- структурність системи, що визначає цілісність і стійкість її характеристик;
- динамізм системи;
- міждисциплінарний характер системних досліджень;
- органічна єдність формального та неформального при проведенні аналізу.

Системний аналіз застосовується для розв'язання складних проблем, пов'язаних з діяльністю людей. Він не протиставляється іншим методам аналізу проблем і прийняття рішень, але відрізняється синтезом в єдиній методології взаємопов'язаних понять, методів і прийомів, які раніше використовувалися відокремлено при розв'язанні часткових проблем.

Комплекс системних понять і методів розповсюджується також на планування та керування. Системний аналіз дає змогу розкласти складну проблему на компоненти аж до постановки конкретних завдань, для яких існують методи їх реалізації, а, з іншого боку, зберігає цілісність цієї проблеми.

До основних особливостей системного аналізу можна віднести такі:

- розглядаються всі теоретично можливі альтернативні шляхи і засоби досягнення мети, оптимальна комбінація та сполучення різних методів і засобів;
- альтернативи оцінюються з позицій перспективи, зокрема для систем, які мають стратегічне значення;
- відсутні стандартні, строго детерміновані рішення;

- чітко розмежовуються різні точки зору при вирішенні однієї проблеми;
- застосовується підхід до проблем, для яких не повністю визначені вимоги щодо термінів реалізації та вартості;
- визнається принципове значення організаційних і суб'єктивних чинників у процесі прийняття рішень і відповідно до цього розробляються процедури широкого застосування якісних (логічних) міркувань в аналізі й узгодженні різних точок зору;
- особлива увага приділяється факторам ризику і невизначеності, їх врахуванню й оцінці при виборі оптимального рішення серед декількох можливих варіантів.

У процесі наукового дослідження та практичної діяльності виникає потреба в розв'язанні проблем трьох видів:

- добре структуровані або кількісно визначені проблеми, в яких суттєві залежності виявлені та виражені у числах і символах (методологія дослідження операцій, математичні методи і моделі тощо);
- неструктуровані або якісно визначені проблеми, що містять лише опис основних ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими зовсім не визначені (евристичні методи, інтуїтивні рішення);
- слабо структуровані або змішані проблеми, котрі містять якісні та кількісні елементи, причому домінують якісні, мало визначені та невизначені сторони проблеми, до яких належать більшість соціальних, економічних, політичних, управлінських, технічних проблем. Типовими є: перспективні (стратегічні) проблеми, що повинні вирішуватись у майбутньому; проблеми, які характеризуються широким набором альтернатив; проблеми, котрі вимагають значних ресурсів і містять елементи ризику; проблеми, що мають складну внутрішню структуру; проблеми, для яких не повністю визначені вимоги щодо вартості і часу. Саме ці проблеми є основною сферою застосування системного аналізу.

Системний аналіз як сукупність методів і засобів розробки, прийняття й обґрунтування рішень у процесі дослідження, утворення та управління системою передбачає:

- прийняття оптимального рішення на основі багатьох альтернатив;
- оцінювання кожної альтернативи з позицій довготривалої перспективи;
- поглиблене розуміння й упорядкування (структуризація) проблеми;
- спрямування на розробку і прийняття нових принципів наукового мислення, яке враховує взаємозв'язки елементів цілого та суперечливі тенденції.

Основне практичне значення системного аналізу полягає не стільки в кількісній визначеності шляхів і способів вирішення проблеми, скільки в зростанні ступеня її розуміння спеціалістами та експертами, котрі беруть участь у вирішенні цієї проблеми, і визначенні альтернативних шляхів досягнення певної мети особами, що відповідальні за ухвалення управлінських рішень.

Лекція 9. Моделювання у наукових дослідженнях

1. Сутність методу моделювання

В межах системного аналізу часто використовується метод моделювання. Системний аналіз використовує апарат моделювання для розв'язування задач дослідження об'єкта, проектування нової системи та організації управління.

Моделювання є одним із способів пізнання, який полягає в заміні деякого об'єкта іншим об'єктом, який має подібні властивості. Тобто метод моделювання є одним із способів опосередкованого пізнання. Моделювання – це завжди зіставлення відомого з невідомим за аналогією.

Призначення методу моделювання

Систематизація та узагальнення теоретичних даних за допомогою опосередкованого пізнання об'єкта-замісника, тобто моделі досліджуваного явища

Перевірка повноти і цінності теоретичних уявлень щодо досліджуваних феноменів

Отримання інформації про різні боки функціонування системи в цілому та її окремих елементів

Дослідження тривалості поведінки системи під впливом зовнішніх та внутрішніх зворушень

Дослідження залежності кінцевих результатів роботи системи від її характеристик

Люди завжди використовували моделювання, намагаючись з його допомогою відтворити абстрактні ідеї й реальні об'єкти. Моделювання охоплює широкий діапазон аспектів людського спілкування – від наскального живопису і спорудження ідолів до складання систем складних математичних рівнянь, що описують політ ракети у космічному просторі. При цьому головним є те, що подібність між об'єктом і моделлю суттєва, а різниця несуттєва.

Модель – це представлення реального об'єкта, системи або поняття у вигляді, що відрізняється від його реального стану існування. Модель є провідною ланкою між дослідником та об'єктом, виконує функції замісника об'єкта та дозволяє отримати нові знання про цей об'єкт. Модель є джерелом інформації про об'єкт і допомагає пояснити, зрозуміти або вдосконалити цей об'єкт. Модель може бути точною копією об'єкта (хоча виконана з іншого матеріалу та в іншому масштабі) або відображати деякі характерні властивості об'єкта в абстрактній формі.

При моделюванні 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.

Доцільність моделі як засобу усвідомлення реальних зв'язків і закономірностей очевидна: вона допомагає упорядкувати нечіткі й суперечливі поняття. У техніці моделі служать для проектування нових досконаліших систем та вивчення їх основних функцій, властивостей, зв'язків.

Модель як засіб осмислення дійсності 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. Як засіб спілкування модель дає змогу точніше сформулювати основні поняття і стисло описати систему, дозволяє пояснити причинно-наслідкові зв'язки та загальну структуру системи, що досліджується та моделюється.

2. Основні функції та етапи побудови моделей систем

Основні функції моделей систем:

- пізнавальні;
- прагматичні.

Вони можуть використовуватися як засоби:

- осмислення дійсності;
- формального опису причинно-наслідкових зв'язків та структури системи;
- спілкування;
- навчання, імітації та прогнозування поведінки системи;
- імітаційного експерименту;
- прогнозування;
- здійснення експериментів
- використання в задачах управління та оптимізації.

Моделі зручно розглядати у вигляді безперервного спектра, який починається від точних моделей чи макетів до повністю абстрактних математичних рівнянь.

Основні властивості моделі:

- скінченність (повнота) – відображається скінченна кількість відношень елементів системи;
- складність (спрощеність) – 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.

Використання моделей для навчання і тренування сприяє підвищенню ефективності та скороченню тривалості навчання. Імітація різноманітних практичних ситуацій на моделі, особливо проблемних і критичних, інформація про дії попередників підвищує якість освіти. Як засіб проведення наукового

експерименту модель застосовується в тих випадках, коли проведення реального експерименту неможливе або недоцільне.

Етапи процесу побудови моделі



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.

Рівні дослідження та моделювання систем

Мікрорівневе моделювання	Макрорівневе моделювання
<ul style="list-style-type: none"> • детальний опис кожного компонента системи, дослідження її структури, функцій взаємозв'язків тощо 	<ul style="list-style-type: none"> • ігнорування детальної структури системи та вивчення лише загальної поведінки системи як єдиного цілого

3. Класифікація моделей

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.

За ступенем визначеності:

- 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:

- дискретні, для яких характерно, що множини припустимих значень вхідних і вихідних параметрів є дискретними;
- неперервні, у яких всі змінні та параметри – неперервні.
- дискретно–неперервні.

За фактором часу:

- статичні – всі параметри та залежності співвіднесено до одного моменту часу, тобто в явному вигляді відсутня залежність від часу;
- динамічні – значення параметрів явно залежать від часу.

Залежно від засобів описування та оцінки:

- дескриптивні – 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:

- предметні (природні та штучні);
- знакові (мовні (вербальні) та математичні (аналітичні та імітаційні)).

За способом задавання відношень між параметрами та змінними:

- 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.

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.

При дослідженні економічних, соціальних, адміністративних систем найчастіше застосовують методи математичного, структурного, ситуаційного, інформаційного та імітаційного моделювання.

Математичне моделювання дає змогу отримати характеристики реального об'єкта чи системи. Математична модель системи містить, як правило, опис множини можливих станів системи та закон переходу з одного стану в інший. Математичне моделювання охоплює імітаційне, інформаційне, структурне, ситуаційне тощо.

Імітаційне моделювання дає змогу відтворити процес функціонування системи у часі. При цьому імітуються основні явища, що утворюють процес.

Інформаційне (кібернетичне) моделювання використовують для побудови моделей, для яких відсутні безпосередні аналоги фізичних процесів.

Структурне моделювання базується на специфічних особливостях структур певного вигляду.

Ситуаційне моделювання базується на модельній теорії мислення, в рамках якої можна описати основні механізми регулювання процесів прийняття рішень. В основі модельної теорії мислення є формування у свідомості та підсвідомості людини інформаційної моделі об'єкта чи зовнішнього світу.

Лекція 10. Наукове мислення дослідника

1. Сутність та особливості наукового мислення

Наукова діяльність є ефективною, якщо в її основі лежить наукове мислення. Воно має ґрунтуватися на строгій доказовості, логічній обґрунтованості результатів, вірогідності висновків, усуненні суб'єктивізму. Але одночасно наукове мислення передбачає формулювання припущень, імовірних суджень, гіпотез. Тому наукова діяльність передбачає високий рівень розвитку логічного мислення, культури мислення, фахової підготовки науковців, їх спрямованості на вдосконалення існуючих знань, відкритість до нових знань і готовність їх сприймати.

Оригінальність наукового мислення – це проект, відповідно до якого об'єктивна реальність пізнається науковим співтовариством. Конструктивно – проектувальна діяльність властива не тільки технічній творчості, а й науці, оскільки процес пізнання винаходиться, організовується вченим.

Наукове мислення за своєю суттю завжди є інноваційним, оскільки створює нові знання. Це обов'язкова його якість.

Інноваційна якість мислення завжди ґрунтується на новому знанні, втілюючи теоретичні знання, створені науковим мисленням, в прикладні розробки, що не можна здійснити без наукового мислення, проявом якого і однією з якісних ознак, є інноваційність.

Інноваційне мислення – одна з форм прояву наукового мислення на теоретичному, прикладному, галузевому та господарському рівнях.

Інноваційне мислення визначається як пошукове мислення, яким є

наукове, і ділиться на два види: те, що збирає та систематизує знання; те, що поглиблює наявні знання, створює і розробляє нові знання. Все як наукове.

Отже, «інноваційне мислення а) з одного боку, включає в себе наукове мислення, як складову частину; б) з іншого боку, воно входить в наукове мислення, коли займається пошуком істини.

У свою чергу наукове мислення складніше інноваційного, оскільки воно передбачає спеціальні методи пізнання, виявлення і структурування істини. Але коли обидва ці види займаються пошуком істини, то вони являють собою єдність, складають єдине ціле.

Нормативи професійного мислення вченого відрізняються від схем звичайного мислення своєю «штучністю». Ця «штучність» означає використання дослідником надіндивідуальних способів роздумів, засвоєваних у ході професійного навчання, і виконує конструктивну функцію систематизації і опосередкування індивідуального мислення.

Нормативи наукового мислення включають всю відрефлексовану або використану на даному етапі розвитку науки систему дослідницьких методів як способів структурування предмета вивчення. На думку М. Ярошевського, вони є категоріальними регулятивами наукового пізнання. Однак вони лише задають можливості пізнання, реалізація яких здійснюється в актуалгенезі пізнавальної діяльності, що забезпечує розробку дослідження з метою перевірки наукової гіпотези.

2. Стиль наукового мислення

Специфічною формою подання продуктів наукової діяльності є стиль наукового мислення.

Стиль наукового мислення є складною системою взаємодії когнітивно-методологічних і психологічних факторів руху думки вчених у певний історичний період.

З точки зору нормативно-гносеологічного підходу стиль наукового мислення розглядається як система методологічних регулятивів, що направляють науковий пошук, що детермінують активність учасників пізнавального процесу.

Розуміючи «стиль наукового мислення» як внутрішню гносеологічну детермінацію наукового пізнання, дослідники ототожнюють стиль мислення зі структурою свідомості науки як соціального інституту, або з окремими елементами цієї структури, як правило, картиною світу, світоглядом, методом. Представники нормативно-ціннісної детермінації пізнавального процесу стверджують, що стиль наукового мислення не пов'язаний з предметом дослідження і належить до неспецифічних пізнавальних механізмів, що забезпечує ціннісний зв'язок наукового пізнання з іншими сферами діяльності, з культурним цілим.

О. М. Сичивиця представляє стиль мислення як «потрійно детерміноване явище», оскільки він зумовлений гносеологічно, психологічно і соціально. Гносеологічна обумовленість пов'язана з тим, що «досягнутий рівень наукового знання, його характер, пануючі в науці теорії, методи і принципи стають такою силою, яка визначає характер осмислення людиною навколишнього світу,

шляхи вирішення тих чи інших проблем».

Психологічна зумовленість стилю мислення викликана індивідуальними особливостями особистості мислячої людини, такими, як опір чужим думкам, співвідношення словесно-логічних і наглядно-образних компонентів, польоту фантазії чи досконального вивчення деталей та ін. Соціальна детермінація може бути зрозуміла як той вплив, який здійснює на характер мислення вся сукупність пануючих суспільних відносин, «дух тієї чи іншої епохи».

У стилі мислення виражається соціально-культурне самовизначення суб'єкта наукового пізнання, творче освоєння ним форм інтелектуальної діяльності попередників і сучасників. Стиль невіддільний від особистості того, хто пізнає суб'єкта і упередметнений іншим як оригінальний спосіб здійснення пізнавальної активності. Формування стилю мислення є покликанням дослідника знайти свій шлях у науці, розсунути межі пізнання.

Все ж суб'єкт наукового дослідження – учасник колективної пізнавальної діяльності, що має свої особливості і закономірності, які неможливо звести до простої суми рис індивідуальної роботи вченого.

Стиль наукового мислення характеризує суб'єкта пізнання як організатора наукового співтовариства, що створює оригінальні предметні уявлення в ході інтелектуального конструювання як функції організації діяльності. Тому стиль мислення – це оригінальна предметна структура процесу пізнання, що виражає соціально-культурне самовизначення організатора науки.

3. Управління знаннями. Інтелектуальний капітал

Розвиток суспільства визначається його «інтелектуальним капіталом» («сумою того, що суспільство знає»).

Накопичення наукових знань є складною, динамічною системою, що саморозвивається; це є «рух енергії знань».

Наведемо відмінностями інтелектуального капіталу як живої системи:

– інтелектуальний капітал напрацьовується в процесі росту і дозрівання кожного члена суспільства в окремо, «зрозуміти його можна тільки в термінах процесів». Отже, інтелектуальному капіталу властива динамічна природа;

– структура інтелектуального капіталу визначається процесом розвитку, в той час, як системи, пов'язані з функціонуванням неживих об'єктів, визначаються організаційною структурою;

– інтелектуальному капіталу, як живій системі, повинен бути притаманний високий ступінь внутрішньої гнучкості і пластичності;

– поведінка системи інтелектуального капіталу визначається циклічними патернами інформаційних потоків, відомих як зворотний зв'язок, так як попереднє покоління суспільства виховує свою зміну – майбутнє покоління, яке буде відтворювати і розвивати інтелектуальний капітал країни;

– інтелектуальний капітал – це система, що самоорганізується, тому порядок і функції її структури встановлюються нею самою. В рамках самоорганізації інтелектуальному капіталу властиво самовідновлення – здатність постійно оновлювати і переробляти свої компоненти, разом з цим підтримуючи цілісність всієї структури – інтелектуального капіталу;

– як живий системі інтелектуальному капіталу властива самотрансцендентність – здатність досягати творчості, виходячи за фізичні і ментальні обмеження в процесі навчання, розвитку та еволюції;

– інтелектуальний капітал – відкрита система; щоб зберігати баланс, вона повинна підтримувати безперервний обмін енергією і матерією зі своїм оточенням. Це різноманітний обмін продуктами виробництва інтелектуального капіталу з іншими країнами, взаємопроникнення наукових технологій ведення господарства і т.п.;

– процес повного оновлення інтелектуального капіталу, як живої системи, виражається в зміні одного технологічного укладу іншим;

– як жива система інтелектуальний капітал здатний до адаптації: як тільки новий технологічний уклад входить в силу, інтелектуальний капітал держави починає працювати на його зміцнення і розвиток; отже, розвиток інтелектуальний капітал є рушійною силою зміни одного технологічного укладу іншим – на етапі становлення і розвитку укладу інтелектуальний капітал працює на його зміцнення, сам при цьому оновлюючись і відтворюючись; коли відбувається певне накопичення інтелектуального капіталу, його якісна трансформація завершується новим технологічним укладом.

Носієм інтелектуального капіталу є людина, соціум – живі системи, тому інтелектуальний капітал безпосередньо залежить від людей, суспільства і сам є живою системою. Система наукових знань ВНЗ (СНЗВ) і процес засвоєння студентами знань (ПЗЗ) – підсистеми процесу накопичення інтелектуального капіталу, самі вони також є живими системами, так як безпосередньо пов'язані з розумовою діяльністю людей.

Процес сприйняття знань є складовою системного наукового мислення, його підсистемою. Властивості частин системи – не внутрішньо притаманні їм властивості: вони можуть бути зрозумілі тільки в контексті більшого цілого; процес сприйняття і засвоєння знань проглядається через процес системного мислення в цілому.

Отже, процес сприйняття і засвоєння знань також є відкритою системою, так-як використовує потік знань (викладач – студент, першоджерела – студент і т.д.).

На думку Берталанфі, рівновага відкритих систем характеризується безперервним потоком і зміною (плинною рівновагою).

Синергетичний ефект накопичення наукових знань виражається в особистісному зростанні, збільшенні творчого потенціалу майбутніх фахівців, тобто в накопиченні інтелектуального капіталу ВНЗ.

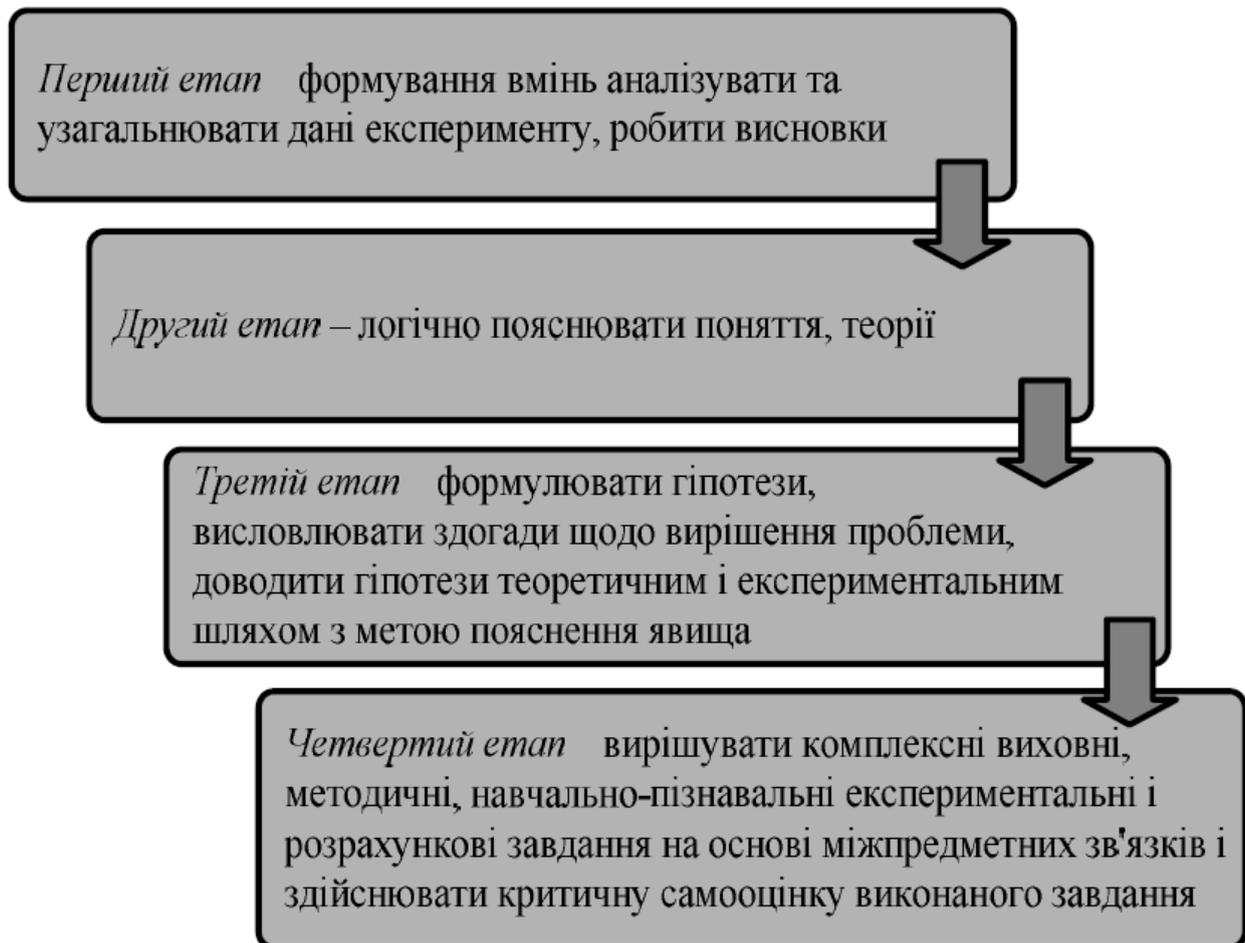
4. Проблеми формування наукового мислення

У зв'язку з вимогами державного освітнього стандарту нового покоління виникла необхідність у педагогічній діяльності враховувати інтелектуально-інноваційну специфіку сучасного освітнього середовища.

Формування наукового мислення є тривалим процесом поетапного здійснення цілого ряду взаємопов'язаних проміжних цілей. Сьогодні в рамках фундаменталізації системи освіти інваріантом системи проміжних цілей є вимога переходу розумової діяльності майбутніх фахівців з рівня

репродуктивної на рівень творчої діяльності. Немає сумнівів у тому, що такий перехід вимагає наукового мислення, залучення до аналізу протиріч і постановки проблем, висунення гіпотез, їх обґрунтування і доведення при поясненні явищ.

Етапи формування наукового мислення



При формуванні у студентів наукового мислення необхідно розрізнити змістову (аналіз однієї з проблем науки) і методичну (застосування методу проблемного викладу знань) сторони проблемного подання матеріалу. Відбувається поступове переведення студентів з рівня формально-логічних узагальнень на рівень змістовних узагальнень, а згодом – на рівень гіпотетико-дедуктивного мислення і, відповідно, наукового пояснення і прогнозування явища, встановлення причинно-наслідкових зв'язків, вміння пояснити методику рішення завдання.

Найвищого рівня пошукової самостійності можна домогтися на заняттях, що проводяться дослідним методом. Важливо в ході навчання відпрацьовувати методику рішення експериментальних завдань на основі міжпредметних зв'язків, застосовуючи методи наукового пізнання з поступовим ускладненням характеру завдань. У процесі аналізу протиріччя, який створив комплексну проблемну ситуацію, у студентів виникає суб'єктивний стан інтелектуальної здивованості і прагнення вийти з нього. Проблема ситуація як структурний компонент творчого мислення є одиницею рівня наукового мислення студентів. Отже, необхідною є система проблемних ситуацій і завдань на основі

пізнавальних протиріч. Простежуються п'ять типів протиріч: протиріччя експерименту (протиріччя між двома або кількома дослідними даними); протиріччя між дослідом і теорією (фактом і узагальненням); протиріччя між старою і новою (менш і більш повною) теоріями; протиріччя між двома співіснуючими односторонніми теоріями; протиріччя між об'єктивними і суб'єктивними факторами в конкретній системі. Одночасно, практичні заняття мають готувати зацікавлених студентів до наукової діяльності.

Цього можливо досягти у різні способи:

- при розв'язанні практичних ситуацій демонструвати варіантність їх розв'язку із поясненням логіки кожного варіанту;
- обговорювати неоднозначність сутності багатьох категорій, наводити інші підходи до їх тлумачення і відображення;
- стимулювати самостійні дослідження студентів, по-перше, ставлячи завдання критично оцінити певне визначення, концепцію, методику, сформувані власні пропозиції і логічно їх обґрунтувати, по-друге, ставлячи завдання знайти тему, яка потребує додаткового дослідження, дослідження в іншому аспекті, що спричинено зміною економічних і соціальних умов, або не досліджувалася.

5. Проблемні ситуації в межах наукового дослідження

Проблемна ситуація – інтелектуальне ускладнення людини, що виникає у випадку, коли вона не знає, як пояснити певне явище, факт, процес дійсності, не може досягти мети знайомим їй способом, що спонукає людину шукати новий спосіб пояснення або спосіб дії. Проблемна ситуація розглядається як гносеологічний конструкт міждисциплінарного формату (за А. В. Фурманом).

У психології	В методології
<ul style="list-style-type: none"> • вихідний момент продуктивного мислення, джерело і стимул пошукової пізнавальної активності і творчої діяльності людини 	<ul style="list-style-type: none"> • низка різноманітних суперечностей, розривів і конфліктів, що змушують виходити в рефлексивну позицію, створюють нові рефлексивні форми думок засобами ситуаційного аналізу – ціле визначення і ситуаційної проблематизації здійснюваних методологічних робіт

У процесі розв'язання проблемних ситуацій відбувається:

- 1) перенесення вже набутих знань і вмінь на нову ситуацію, тобто їх асиміляція;
- 2) виокремлення у звичних ситуаціях нових проблем та постановка нових завдань, тобто залучення процесів акомодатії;
- 3) за умови творчого підходу знаходиться оригінальний спосіб її вирішення.

Тому використання саме проблемних ситуацій сприятиме розвитку уяви, самостійності у прийнятті та виконанні рішень, пошуку нових способів дій задля досягнення мети і розв'язання виниклої суперечності.

Основні функції проблемної ситуації:

1) визначення напряму розумового пошуку, тобто діяльності зі знаходження способу розв'язання проблемної ситуації;

2) формування пізнавальних здібностей, інтересу, мотивів діяльності по засвоєнню нових знань.

Проблемні ситуації класифікуються за різними критеріями:

– за спрямованістю: на пошук нових знань або способів дії, на виявлення можливості застосування відомих знань і способів в нових умовах;

– за рівнем проблемності залежно від того, наскільки гостро виражені суперечності;

– з дисциплін і предметів, у яких допустиме застосування тих чи інших проблемних ситуацій;

– за характером змістової сторони суперечностей: 1) недостатність знань для пояснення нового факту, умінь для вирішення нового завдання;

2) необхідність використовувати раніше засвоєні знання і (або) уміння, навички в нових практичних умовах; 3) наявність суперечності між теоретично можливим шляхом рішення задачі і практичною нездійсненністю вибраного способу; 4) наявність суперечності між практично досягнутим результатом виконання завдання і відсутністю знань для його теоретичного обґрунтування.

Етапи розв'язку проблемної задачі (за О.М. Матюшніним)



Лекція 11. Методологія експериментальних досліджень

1. Сутність експерименту, загальні вимоги до проведення

Однією з важливих складових наукових досліджень є експеримент. Термін «експеримент» походить від лат. *experimentum* – спроба, дослід і вживається для позначення низки споріднених понять: дослід, цілеспрямоване спостереження, відтворення об'єкта дослідження, організація особливих умов його існування, перевірка передбачень. Отже, 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.

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

При проведенні експерименту потрібно дотримуватися таких загальних вимог:

- 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).

Типові помилки в проведенні експерименту

- Сформульовані гіпотези не відбивають проблемну ситуацію, суттєві залежності у даного об'єкта.
- Як незалежну змінну виділено фактор, який не може бути причиною, сталою детермінантою процесів, що відбуваються у даному об'єкті.
- Зв'язки між залежною та незалежною змінною мають випадковий характер.
- Допущено помилки в попередньому описі об'єкта, що призвело до неправильної емпіричної інтерпретації змінних і вибору неадекватних показників.
- Допущено помилки при формулюванні дослідних і контрольних вихідних результатів експерименту, виявляється значна їх різниця, що викликає сумніви в можливості порівняти ці групи за складом змінних.
- Важко підібрати контрольний об'єкт за однорідними або схожими з експериментальними параметрами.
- При аналізі результатів експерименту переоцінюється вплив незалежної змінної на залежну без урахування впливу випадкових факторів на зміни в експериментальній ситуації.

2. Класифікація експериментів

- 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 спрямований 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 проводять 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 заміщувати 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 багатфакторний 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. Рекомендації, розроблені на основі пасивного експерименту, мають значення тільки для умов його проведення.

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. У процесі такого експерименту констатується наявність визначеного зв'язку між впливом на об'єкт дослідження та результатом.

– 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 багатфакторні.

Величини, що діють на об'єкт дослідження і здатні змінити його стан, називають факторами. Фактори бувають змінними, сталими і некерованими.

Змінним фактором ($x_i, i=1, n$) називають контрольовану (вимірювану) змінну величину, що набуває на певний проміжок часу сталого значення. Сталим називають фактор, який не змінює свого значення протягом усього експерименту. Тобто, сталі фактори фіксуються на визначених рівнях, і вживаються заходи для того, щоб ці рівні практично залишались незмінними.

На об'єкт дослідження впливає низка факторів, які важко або взагалі неможливо врахувати. Такі фактори називають некерованими, або збуреннями ($w_i, i=1, m$). Дію цих факторів на об'єкт дослідження ще називають рівнем шуму. Наявність шуму під час експерименту знижує його точність, надійність та ускладнює аналіз отриманих результатів.

Зміна стану об'єкта дослідження, яка спричинена впливом змінних факторів, називається вихідним параметром ($y_i, i=1, k$). Таким чином, експериментом можна назвати сукупність дослідів, скерованих на вивчення залежності вихідного параметра від факторів, що діють на об'єкт. Частина експерименту, виконану при певному значенні одного або декількох факторів, називають дослідом.

Однофакторним називають експеримент, під час якого визначається вплив на об'єкт дослідження тільки одного змінного фактора. Саме класична методика експериментальних досліджень базується на серії однофакторних експериментів.

Спочатку вивчається залежність y_2 від x_2 при сталих значеннях $x_i, i=1, n$ та ін. При цьому отримують ряд емпіричних залежностей:

$$y_1=f(x_1) \text{ при } x_2, x_3, \dots, x_n=\text{const};$$

$$y_2=f(x_2) \text{ при } x_1, x_3, \dots, x_n=\text{const}; y_k=f(x_n) \text{ при } x_1, x_2, \dots, x_{n-1}=\text{const}.$$

Кожний фактор ($x_i, i=2, n$) змінюють ступенево на декількох (бажано не менше п'яти) рівнях.

Багатофакторним називають експеримент, під час якого на об'єкт дослідження одночасно діють декілька змінних факторів. Метод багатофакторного експерименту дає змогу отримати математичну модель процесу у вигляді рівняння, за яким оцінюють вплив на об'єкт дослідження як окремих факторів, так і їх взаємодію. Планування та оброблення отриманих результатів здійснюється за допомогою формалізованих методів, які будуть розглянуті далі.

Існують два види завдань, які вирішує основний експеримент: інтерполяційні та оптимізаційні. Розв'язання оптимізаційних задач полягає у пошуку оптимальних умов перебігу процесу. Розв'язання інтерполяційних задач полягає у виявленні кількісних залежностей між різними факторами з метою математичного опису процесу.

До об'єкта дослідження ставляться такі вимоги:

- результати дослідів повинні відтворюватися; відхилення значень результатів дослідів, які здійснюються в однакових умовах через певний проміжок часу, не повинні перевищувати величини, визначеної методами математичної статистики;

- об'єкт дослідження має бути керованим, тобто повинна бути забезпечена можливість у кожному досліді обирати потрібні рівні факторів під

час проведення активного експерименту.

Параметр оцінки – це результат дослід у відповідних умовах, або реакція об'єкта дослідження на дію факторів. До вихідних факторів висуваються такі вимоги:

- параметр оцінки повинен оцінюватись кількісно; множина значень, яких може набувати параметр оцінки, називається областю визначення;
- параметр оцінки повинен виражатись одним числом, без додаткових дій, вказівок;
- заданому набору факторів повинно відповідати тільки одне значення параметра; якщо під час повторення дослід в тих самих умовах величини параметра значно відрізняються (досліди не відтворюються), це означає, що не врахований якийсь важливий фактор або задане значення фактора змінюється у процесі дослідів;
- якщо параметром обрано декілька функціонально зв'язаних величин, перевагу доцільно надати тій, яку можна визначити з найбільшою точністю;
- параметр має бути універсальним для всебічної оцінки процесу; властивості універсальності мають комплексні параметри; технічні параметри в багатьох випадках є недостатньо універсальними;
- параметр бажано мати простим, який легко обчислюється і має фізичний зміст.

Після того, як обрано об'єкт дослідження і визначено вихідні параметри, необхідно розглянути всі існуючі фактори. Кожний фактор має свою сферу визначення. До факторів висуваються такі вимоги:

- для проведення активного експерименту фактори повинні бути керованими, тобто підпорядковуватись досліднику;
- у методиці необхідно визначити операційність факторів, тобто зазначити, як встановлюються рівні їх величини, чим регулюються, вимірюються і фіксуються; потрібно чітко знати розмірність усіх факторів і вихідного параметра;
- при визначенні величини фактора повинна забезпечуватись висока точність і відрізнятись на декілька порядків від інтервалу зміни його рівня.

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 сумісними, тобто наявність одного з них не повинна виключати іншого.

Після обрання об'єкта дослідження, параметра і факторів, а також визначення виду експерименту переходять до складання плану його виконання.

3. Етапи підготовки наукового експерименту

Для проведення будь-якого виду експерименту необхідно попередньо спланувати та виконати таке:

- розробити гіпотезу, яка підлягає перевірці, та методику

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.

Особливе значення має правильне розроблення методики експерименту.

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

Під час розроблення методики проведення експерименту необхідно передбачати:

- попереднє цілеспрямоване спостереження за об'єктом або явищем, що вивчається, з метою визначення вихідних даних (гіпотез, обрання змінних факторів);
- створення умов, у яких можливе експериментування (добір об'єктів для експериментальної дії, усунення впливу випадкових факторів);
- визначення області інтересу для змінних факторів та меж вимірювання;
- можливість систематичного спостереження за розвитком явища і точного опису фактів;
- проведення систематичної реєстрації замірів і оцінок фактів різними засобами і способами;
- створення складних ситуацій з метою підтвердження або спростування раніше отриманих даних;
- перехід від емпіричного вивчення з логічним узагальненням до аналізу та теоретичного оброблення отриманих фактичних даних.

Обравши методику експерименту, дослідник повинен переконатись у можливості її практичного застосування. Це необхідно зробити навіть у тому випадку, якщо методика раніше апробована в інших лабораторіях, оскільки вона може бути неприйнятною або складною в силу специфічних особливостей клімату, приміщення, лабораторного обладнання, персоналу тощо.

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.

Необхідно також обґрунтувати вибір засобів вимірювання приладів та іншого обладнання. У зв'язку з цим експериментатор повинен бути добре обізнаний з існуючою вимірювальною апаратурою в Україні і за кордоном.

Відповідальним моментом у підготовці засобів вимірювання є визначення точності виміру і похибки.

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. Абсолютні – це прямі заміри в одиницях вимірювальної величини; відносні заміри – це відношення вимірювальної величини до однойменної величини, яка приймається за вихідну одиницю. Необхідно виділити декілька основних способів вимірювань.

Спосіб безпосередньої оцінки – відповідає визначенню величини безпосередньо за відліковим пристроєм вимірювального приладу прямої дії.

Спосіб порівняння – передбачає необхідну вимірювальну величину порівнювати з величиною, що є мірою.

Спосіб протиставлення – здійснюється шляхом порівняння з мірою, тобто вимірювана величина і величина, що є мірою, одночасно діють на пристрій, за допомогою якого встановлюється співвідношення між цими величинами.

Диференційний спосіб – полягає в тому, що на вимірний пристрій діє різниця вимірюваної та відомої величини, яка є мірою.

Нульовий спосіб – полягає у доведенні результату ефективної дії величини на пристрій до нуля.

Спосіб заміщення – передбачає заміну вимірюваної величини відомою величиною з відновлюваною мірою.

Спосіб збігу полягає в тому, що різниця між заданою величиною і величиною, яка є мірою, визначається шляхом збігу відміток шкал або періодичних сигналів.

Вимірювальні прилади та пристрої. 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 вимірювання 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.

Лекція 12. Методи обробки результатів експерименту

1. 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 досліду, 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.

2. Визначення основних статистичних характеристик вибіркової сукупності

Результати експериментальних досліджень у багатьох випадках можна розглядати як статистичну сукупність випадкових величин.

Сукупність, яка містить у собі всі можливі значення випадкової величини, називається генеральною. На практиці використовують сукупність, в якій міститься лише певна частина генеральної сукупності, що називається вибірковою сукупністю, або вибіркою.

Для первинної обробки експериментальних даних вибірки потрібні такі основні статистичні параметри: середнє арифметичне значення \bar{Y} ; вибіркова дисперсія S^2 ; середнє квадратичне відхилення S ; коефіцієнт варіації S_y ; середня помилка середнього значення S_y ; показник точності досліду P .

Якщо кількість спостережень N у вибірці понад 20, то для систематизації та упорядкування вибірки весь діапазон значень розбивають на інтервали.

Кількість інтервалів визначають за формулою:

$$K=1+3,2\lg N$$

Усі інтервали вибірки приймаються однакової величини, яку знаходять за формулою

$$\Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{K},$$

де y_{\max} і y_{\min} – найбільше і найменше значення у вибірці.

Кількість значень n_i , які потрапили в один із інтервалів, визначають частоту потрапляння в інтервал.

Упорядкований ряд середніх значень інтервалів y_i зі зростанням називається статистичним рядом.

Графічне зображення статистичного ряду, координатами якого є частота інтервалу (вісь y) і довжина інтервалу (вісь x), називається гістограмою.

Середнє значення вибірки Y_{cp} визначається за формулою:

$$Y_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i y_i$$

Вибіркова дисперсія S^2 характеризує змінність значень у вибірці, тобто варіацію спостережень, і визначається за формулою:

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k n_i (Y_{cp} - y_i)^2$$

Вираз $(N-1)$ у формулі називається числом ступенів свободи, яке дорівнює кількості незалежних значень, що беруть участь у визначенні будь-якого параметра статистичної сукупності. У цьому випадку один ступінь свободи витрачається на визначення середнього значення, без якого не можна визначити дисперсію.

Середнє квадратичне відхилення від середнього значення дорівнює:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Коефіцієнт варіації є оцінкою змінності значень вибірки або відносною помилкою характеристики, і його величина визначається за формулою:

$$\vartheta = \frac{S}{Y_{cp}} \cdot 100\%$$

Середня помилка середнього значення S_y визначається за формулою

$$S_y = \pm \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Знаючи S_y , можна визначити показник точності дослідження P , який дорівнює:

$$P = \frac{S_y}{Y_{cp}} \cdot 100\%$$

Приклад. Визначити основні статистичні параметри та побудувати гістограму вибірки з 10 замірів твердості дереворізальних ножів в одиницях HRC: 61, 62, 65, 66, 65, 67, 65, 63, 63, 64. Аналіз отриманих замірів свідчить, що мінімальне значення твердості $y_{min}=61$, а максимальне значення $y_{max}=67$.

Кількість інтервалів становить:

$$K=1+3,2 \lg N = 1+3,2 \lg 10 = 1+3,2 \cdot 1,0 = 4,2$$

Приймаємо кількість інтервалів $K=4$.

$$\text{Величина інтервалу дорівнює: } \Delta y = \frac{67-61}{4} = 1,5$$

Складаємо таблицю для визначення основних параметрів (табл. 12.1).

Середнє значення вибірки $y = 64$ та вибіркову дисперсію $S^2=2,625$ знайдемо за формулами. За даними табл. 6.1 будемо гістограму, яка зображена на рис. 12.1.

Визначення середнього значення та дисперсії

Номер інтервалу	$y-y$	n_i	y_i ср	$n_i y_i$ ср	$(y_{iср} - \bar{y})^2$	$n_i(y_{iср} - \bar{y})^2$
1	61,0–62,5	2	61,75	123,50	5,0625	10,125
2	62,5–64,0	3	63,25	189,75	0,5625	1,6875
3	64,0–65,5	3	64,75	194,25	0,5625	1,6875
4	65,5–67,0	2	66,25	132,50	5,0625	10,125

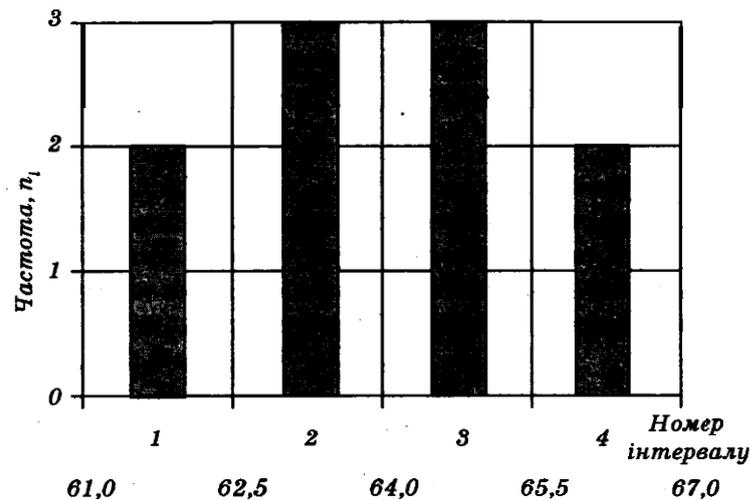


Рис. 12.1. Гістограма розподілу кількості спостережень Основними параметрами генеральної сукупності є такі статистичні характеристики:

- математичне сподівання середнього значення сукупності, m_y ;
- дисперсія сукупності, σ^2 .

Якщо відомі ймовірності P_i значень випадкових величин y_i , то параметри генеральної сукупності можна визначити за формулами:

Тому можна вважати, що середнє значення вибірки $Y_{ср}$ та дисперсія S^2 є лише приблизними оцінками математичного очікування m_y та дисперсії σ^2 , тобто: $m_y \approx Y_{ср}$; $\sigma^2 \approx S^2$.

Зі збільшенням кількості дослідів N , коли відносна частота y_i прямує до ймовірності P_i , точність визначення параметрів генеральної сукупності за їх вибірковими значеннями зростає, тобто

$$m_i = \sum_{i=1}^N P_i y_i,$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N P_i (y_i - m_i)^2$$

Закон, що встановлює зв'язок між значеннями випадкової величини і відповідними ймовірностями, називається законом розподілу випадкової величини.

Для вибірок об'ємом $N > 120$ закон розподілу помилки, тобто різниці між

генеральним та вибіркоvim середніми значеннями, відомий і називається розподілом Стюдента. Використовуючи властивості цього розподілу, можна завжди визначити ймовірність відхилення Δ вибіркового середнього від генерального на певну величину, так званий інтервал довіри для генеральної сукупності

$$Y_{cp} - D \leq M_y \leq Y_{cp} + D$$

Ймовірність відхилення визначається за формулою:

$$\Delta = \pm \frac{t_{qf} \cdot S}{\sqrt{N}}$$

де t_{qf} – критерій Стюдента, значення якого вибирається за таблицями; q – рівень значущості; тобто ймовірність помилки, якою можна знехтувати в цьому досліді:

$$q = 1 - p$$

де p – довірча ймовірність, значення якої в технічних розрахунках приймається в межах 0,95...0,99; f – число ступенів свободи, яке дорівнює:

$$f = N - 1$$

Запровадження необхідної кількості спостережень вибірки полягає у визначенні достатнього числа дослідів, яке забезпечить репрезентативність цієї вибірки. Необхідна кількість спостережень N , або об'єм вибірки, який забезпечить точність Δ визначення m_y за відомим Y_{cp} із допустимим відхиленням q у межах 0,05...0,01, визначається за формулою:

$$N \geq \frac{t_{qf}^2 \cdot S^2}{\Delta^2}$$

Однією з потужних сучасних комп'ютерних програм для розв'язання статистичних задач є електронні таблиці EXCEL, які дозволяють виконувати програмовані обчислення над даними, що представлені у вигляді таблиці, та отримувати результати обчислень як у числовому вигляді, так і вигляді графіків або діаграм.

3. Апроксимація результатів експериментальних досліджень

Поняття апроксимації. Процес одержання на основі результатів експериментальних досліджень математичної залежності $y = \varphi(x)$, яка з достатньою точністю відтворює досліджувану закономірність $y = f(x)$, називається апроксимацією.

Функціональні залежності, одержані способом апроксимації експериментальних даних, називаються емпіричними.

Емпірична залежність $y = \varphi(x)$ по суті є математичною моделлю процесу дослідження, результати якої дійсні тільки в межах зміни аргументу, тобто в інтервалі варіації фактора x_1, x_2, \dots, x_k .

Необхідність в емпіричних залежностях виникає тоді, коли аналітичні залежності вважаються складними і вимагають громіздких обчислень для практичного використання або ж тоді, коли аналітичні залежності взагалі

відсутні.

Можна вважати, що емпіричні залежності – це наближене виявлення аналітичних, а процес апроксимації – спосіб заміни складного або неможливого процесу одержання точних аналітичних виразів.

Виконання апроксимації результатів експериментальних досліджень складається з двох основних і послідовних етапів, а саме:

1. етап – вибір загального вигляду типової функціональної залежності (апроксиманти);

2. етап – розрахунок числових значень параметрів (коефіцієнтів) апроксиманти.

Вибір загального вигляду рівняння апроксимації. Для того, щоб з'ясувати, до якого класу функцій належить шукана апроксиманта $y=f(x)$, необхідно звернутись до графічного зображення результатів експерименту. Графік будується в декартовій системі координат x і y .

Значення фактора відкладаються на осі абсцис, значення параметра оцінки – на осі ординат, а власне результати позначаються точками (рис. 12.2).

З'єднавши точки прямою 1, одержують графік результатів експерименту. Якщо відмітити серединні точки кожного з відрізків, то через них можна провести пряму 2 (або криву), яка буде приблизним уявленням графіка шуканої апроксиманти.

Далі порівнюють отриманий графік з графіками типових функцій і обирають загальний вигляд рівняння апроксиманти, яке буде найбільш подібно описувати досліджувану залежність.

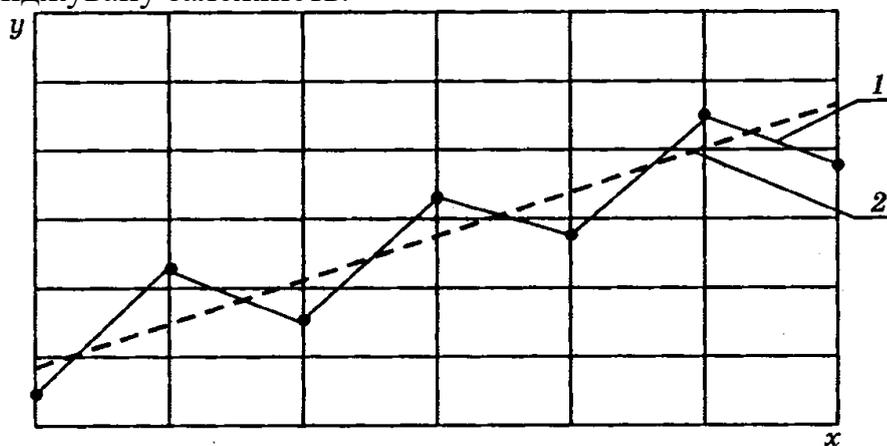


Рис. 12.2. Графічне зображення результатів експерименту: 1 – експериментальна лінія; 2 – уявна апроксиманти

Методи визначення коефіцієнтів апроксиманти. Після вибору загального вигляду апроксимуючої функції переходять до розрахунку числових значень її коефіцієнтів. Залежно від типу обраної функції та вимог щодо точності результатів розрахунку застосовують такі методи:

- графічний метод;
- метод середніх;
- метод найменших квадратів.

Графічний метод застосовується для лінійних функцій та функцій, що зводяться до лінійних методом вирівнювання. Для цього вводять нові змінні:

$x' = f(x, y)$; $y' = f(x, y)$, за допомогою яких рівняння набуває вигляду лінійної залежності: $y' = b_0 + b_1 x'$.

Вирівнюванню підлягають такі залежності, як гіперболічна, показникова, степенева, логарифмічна та ін.

Метод середніх завдяки своїй простоті дозволяє у більшості випадків замінити громіздкий метод найменших квадратів і одержати достатньо задовільні за точністю результати. Цей метод полягає у тому, що після того як визначено тип функції й виконано, в разі необхідності, вирівнювання, одержують лінійну залежність типу: $Y = b_0 + b_1 X$. На основі одержання залежності, підставляючи значення X та Y з кожного досліду, складають умовні рівняння, число яких дорівнює кількості дослідів N .

Усі рівняння з невідомими b_0 та b_1 розбивають на дві рівні групи і кожену з них почленно сумують. У результаті одержують рівняння, з яких складають систему:

$$\begin{cases} \sum_i^N Y_i = \sum_i^N b_0 + \sum_i^N b_1 X_i \\ \sum_i^N Y_i = \sum_i^N b_0 + \sum_i^N b_1 X_i \end{cases}$$

де $i = 1, 2, 3, \dots, N$ – кількість дослідів.

Із системи цих рівнянь знаходять значення невідомих коефіцієнтів b_0 та b_1 і записують остаточне рівняння апроксиманти.

Сутність методу найменших квадратів полягає у тому, що для двох функціонально зв'язаних величин x та y відомо N пар відповідних значень $(x_1; y_1), (x_2; y_2) \dots (x_n; y_n)$. Вимагається в наперед заданій формулі $y = f(x, b_0, b_1 \dots b_m)$ визначити кількість $(m+1)$ параметрів $b_0, b_1 \dots b_m$ ($m < n$) так, щоб ця формула дозволила з найбільш точною відповідністю поновлювати значення вихідних параметрів y для заданих значень x .

З курсу теорії ймовірностей відомо, що найкращими є ті значення параметрів функції, котрі перетворюють на мінімум суму:

$$\sum_{k=1}^N [f(x_k, b_0, b_1, \dots, b_m) - y_k]^2 = \min$$

тобто суму квадратів відхилень значень y , які визначені за формулою, від експериментальних. Саме тому цей метод отримав назву методу найменших квадратів.

Використовуючи необхідні умови мінімуму функції багатьох змінних, вираховуємо часткові похідні функції та прирівнюємо їх до нуля. Це дає систему $(m+1)$ рівнянь з $(m+1)$ невідомим, тобто

$$\sum_{k=1}^N [f(x_k, b_0, b_1, \dots, b_m) - y_k] \frac{df(x_k, b_0, b_1, \dots, b_m)}{db_i} = 0$$

4. Регресивний аналіз результатів експериментальних досліджень

Під регресивним аналізом розуміють дослідження закономірності зв'язку між двома змінними, коли одному значенню X відповідає сукупність значень Y , тобто зв'язок між ними не повністю визначений.

Функцію $Y=f(X)$ називають регресивною, коли значення Y утворюють статистичний ряд розподілу з характеристиками безперервної випадкової величини. Тому регресивний зв'язок між величинами X та Y можна визначити лише тоді, коли забезпечується можливість виконання статистичних замірів.

Статистичні залежності описують математичними моделями, тобто рівняннями регресії, які відтворюють зв'язок між значеннями фактора X і змінною характеристикою досліджуваного процесу Y .

Рівняння регресії, по можливості, повинні бути простими й адекватними.

Існують однофакторні й багатфакторні регресивні залежності.

Регресивний аналіз виконується у такій послідовності:

- перевірка наявності кореляційного зв'язку;
- апроксимація експериментальних даних;
- статистичний аналіз рівнянь регресії.

Перевірка наявності кореляційного зв'язку. У багатьох випадках метою експериментальних досліджень є, насамперед, виявлення наявності залежності між двома змінними величинами. Якщо змінність однієї випадкової величини впливає на розподіл іншої, то вважають, що між такими випадковими величинами існує статистичний зв'язок. Для оцінки статистичного зв'язку між двома змінними величинами використовують коефіцієнт кореляції. Визначення коефіцієнта кореляції виконується на основі результатів експериментальних спостережень.

Нехай проведено N спостережень, і в кожному випадку відомо значення двох параметрів x та y , тобто одержано дві вибірки:

$$x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_n.$$

За кожною з них знаходять середнє значення та середнє квадратичне відхилення S_x та S_y . Тоді коефіцієнт кореляції визначається за формулою:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y}$$

Величина коефіцієнта кореляції завжди перебуває у межах $-1 \leq R \leq 1$. Коефіцієнт характеризує тільки лінійну залежність між випадковими величинами. При додатному значенні коефіцієнта можна вважати, що при зростанні однієї величини інша в середньому теж зростає. При від'ємному значенні R зростання одної величини зумовлює в середньому зменшення значення іншої. При $R = +1$ або $R = -1$ між величинами x і y існує кореляційний зв'язок. Значення $R = 0$ свідчить про відсутність лінійної залежності між x і y . Щільність зв'язку вважають задовільною при $R \geq 0,5$,

доброю – при $R = 0,8 \dots 0,85$.

Для перевірки відповідності вибіркового значення коефіцієнта кореляції R значенню кореляції (ρ) між генеральними сукупностями x і y використовують t – розподіл Стюдента. Спочатку знаходять розрахункове значення $t_{розр}$ за формулою:

$$t_{розр} = |R| \sqrt{\frac{N-2}{1-R^2}}$$

і порівнюють його з табличним.

Якщо $t_{розр} > t_{табл}$ при кількості ступенів свободи $f=N-2$ і рівні значимості $q=5\%$, то кореляційний зв'язок існує, а також підтверджується для генеральних сукупностей.

Статистичний аналіз рівняння регресії. Статистичний аналіз одержаного рівняння регресії полягає у розв'язанні двох основних завдань: оцінки значимості коефіцієнтів рівняння; перевірки адекватності рівняння регресії експериментальним даним.

Необхідною передумовою статистичного аналізу є нормальність розподілу вихідної величини і однорідність дисперсій дослідів.

Здійснивши перевірку забезпечення передумов, можна починати виконання статистичного аналізу рівняння регресії. Для розв'язання задач аналізу необхідно мати кількісну оцінку похибки експерименту в цілому. Такою оцінкою є дисперсія відновлення S_y^2 , яка визначається за формулою:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N}$$

де N – кількість дослідів; S_j^2 – дисперсія j -го дослідів.

Кількість ступенів свободи f_y дисперсії експерименту дорівнює сумі ступенів свободи дисперсій всіх дослідів, тобто $f_y=N(n-1)$.

Оцінка точності визначення коефіцієнтів рівняння регресії та їх значущості. Після того, як рівняння одержано і знайдено дисперсію відновленості, необхідно оцінити точність визначених коефіцієнтів регресії. Оскільки їх визначено з результатів експерименту, а результати є випадковими величинами, то значення коефіцієнтів регресії b_i теж будуть випадковими. Тому показником точності коефіцієнта буде його дисперсія S_b^2 , яка визначається за формулою:

$$S_b^2 = \frac{S_y^2}{n \cdot N}$$

Після цього оцінюють значимість коефіцієнтів регресії за допомогою t -критерію Стьюдента. Для кожного коефіцієнта визначають розрахункове значення t -критерію за формулою:

$$t_{розр} = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}$$

де S_{b_i} – середнє квадратичне відхилення значення коефіцієнтів:

$$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2}$$

За таблицями знаходять значення t -критерію для рівня значимості $q=0,05$ та числа ступенів свободи $f_y=N(n-1)$.

Якщо виконується умова $t_{розр} > t_{табл}$, то коефіцієнти регресії значимі, а якщо ні, то такий коефіцієнт можна виключити з регресії, тобто прийняти за нуль.

Перевірка адекватності одержаного рівняння регресії необхідна для того,

щоб відповісти на запитання, чи буде рівняння відтворювати значення критерію оцінки з тією ж точністю, що і результати експерименту.

Для цього використовують значення F -критерію Фішера. Спочатку визначають розрахункове значення F -критерію за формулами:

$$F_{розр} = S_{ад}^2 / S_y^2 \text{ якщо } S_{ад}^2 > S_y^2;$$

$$F_{розр} = S_y^2 / S_{ад}^2, \text{ якщо } S_y^2 > S_{ад}^2,$$

де $S_{ад}^2$ дисперсія адекватності, яка визначається за співвідношенням:

$$S_{ад}^2 = \frac{n \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \bar{y}_i)^2}{f_{ад}}$$

де \bar{y}_i значення вихідної величини в j - досліді, визначене за рівнянням регресії; $f_{ад}$ – кількість ступенів свободи;

$$f = N - P,$$

де P – число коефіцієнтів рівняння регресії.

За таблицями визначають значення F - критерію для рівня значущості $q=0,05$ та кількості ступенів свободи f_y і $f_{ад}$.

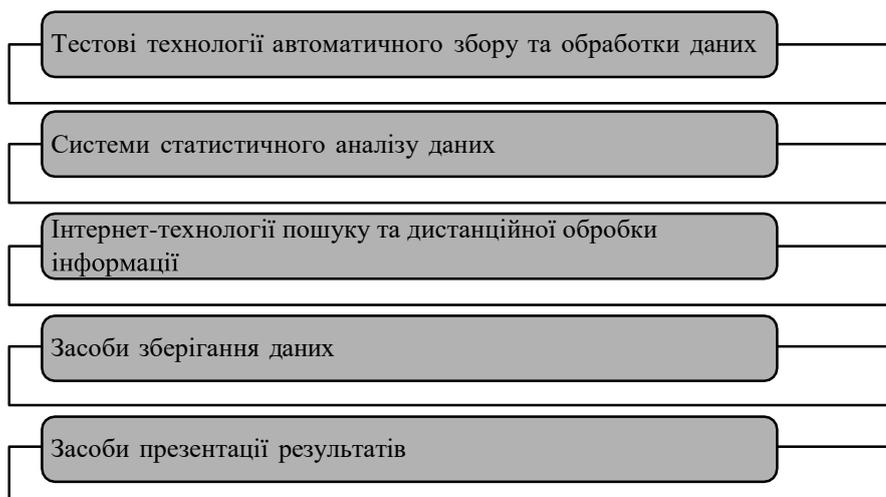
Рівняння вважається адекватним, якщо виконується умова: $F_{розр} < F_{табл}$.

5. Комп'ютерні технології та інструментарій в наукових дослідженнях

В основних своїх рисах сучасний експеримент суттєво відрізняється від того, яким він був у недалекому минулому, набуває нових форм, засобів реалізації, більш чіткої та уніфікованої структури. Особливу роль відіграють в цьому контексті новітні інформаційні технології.

Сучасні методи, методики та технології реалізації експерименту великою мірою орієнтовані на застосування комп'ютера, або передбачають можливість його застосування. Дослідження, що проводяться з використанням Інтернету, розглядаються як різновид комп'ютеризованих досліджень. Доцільний підбір необхідного комп'ютерного інструментарію є важливим фактором забезпечення належного рівня організації дослідження.

Комп'ютерні технології в експериментальному дослідженні



Використання комп'ютера стає системним, і тому можна говорити про появу комп'ютерної технології психолого-педагогічного експерименту. Існують

інформаційні технології, придатні для здійснення експерименту практично на всіх його етапах.

Використання Інтернет-технологій на різних етапах експерименту



Основні методи залучення учасників до Інтернет-дослідження:

- 1) загальна реклама на популярних сайтах;
- 2) реклама на спеціалізованих сайтах та сторінках для залучення цільового контингенту відвідувачів;
- 2) публікація інформації про дослідження у ЗМІ;
- 3) публікація інформації про дослідження на психологічних сайтах.

З метою збору даних можуть бути застосовані комп'ютерні тестові технології. Електронні технології тестування дають можливість спростити процедури збору, аналізу даних, зберігання даних, запровадити нові методики

тестування, охоплюючи інтерактивні, а також здійснювати обстеження в більших масштабах, здійснювати моніторингові дослідження.

Переваги у проведенні Інтернет–досліджень:

- можливість швидкого залучення великої кількості учасників (висока надійність);
- економія ресурсів: часу, коштів, обладнання, приміщення та ін.;
- підвищення екологічної валідності;
- можливість залучати учасників із різними соціально-демографічними характеристиками (висока зовнішня валідність);
- можливість залучати учасників певних цільових груп;
- відсутність впливу дослідника;
- добровільність участі в експерименті, яка може бути зупинена у будь-яку мить;
- підвищення правдивості учасників;
- швидкий зворотній зв'язок;
- можливість автоматичної реєстрації додаткових параметрів.

Недоліки у проведенні Інтернет–досліджень:

- недостатній контроль ситуації експерименту, який
- призводить до збільшення варіативності випадкової складової
- та знижує надійність;
- недостатній контроль та невизначеність складу учасників;
- поява нових побічних змінних;
- залежність від надійності роботи технічних та програмних засобів здійснення дослідження.

Розрізняють три основних варіанта проведення Інтернет– досліджень:

- за допомогою електронної пошти;
- веб-опитання (он лайн-опитання);
- оффлайнові опитання.

Опитування можуть проводитись серед дописувачів певної дискусійної групи, що близька за тематикою до проблеми дослідження, або серед користувачів спеціальних мереж, що об'єднують спільноту, яка цікавиться даною проблематикою. Існують сервіси відповідних груп або мереж, що надають засоби для заповнення анкет та надсилання їх адміністратору в електронному вигляді.

Інтернет–експерименти набули поширення в останній час. Існують сайти лабораторій та організацій, що займаються постановкою експериментів на цих сайтах. Існують також сайти, що надають засоби для проведення Інтернет-експериментів для дослідників (н-д, сайт PsychExps, Web Experimental Psychology Lab та ін.).

Серйозною проблемою Інтернет–досліджень є проблема експериментального контролю, а саме неможливість здійснювати контроль над дотриманням експериментальних умов.

В Інтернет-дослідженнях зустрічаються наступні побічні змінні:

- повторна участь в дослідженні під своїм та чужим іменем;
- обговорення тестових завдань з іншими людьми;

- використання рекомендацій оточуючих при генеруванні відповідей;
- гіпотези стосовно «справжніх» цілей дослідження.

Методи зміцнення контролю:

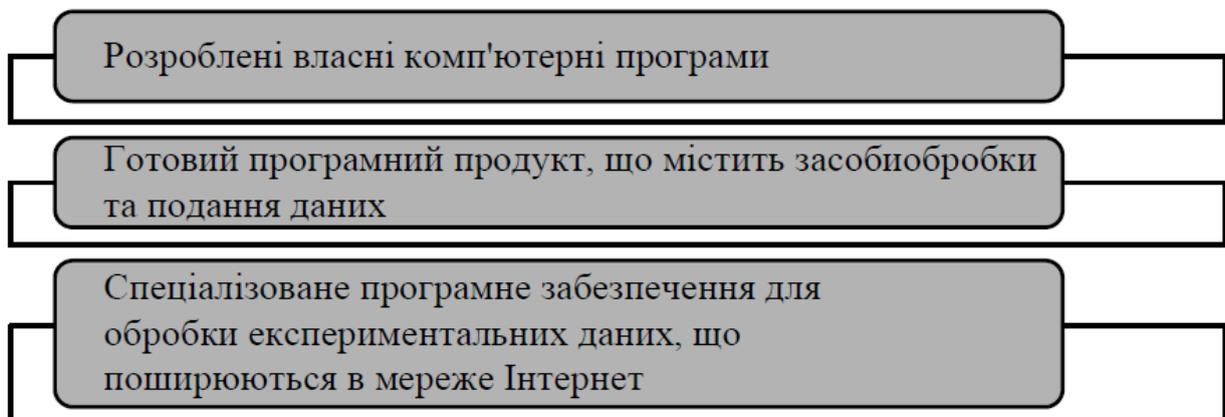
- збільшення кількості учасників експерименту;
- підбір постійних учасників в онлайн-лабораторіях;
- збільшення вимог до процедури реєстрації учасників дослідження.

На етапі обробки даних відповідне програмне забезпечення дає можливість візуалізувати закономірності в даних, застосовувати засоби програмування.

На основі результатів обробки даних можуть бути виявлені деякі закономірності, що можна подати за допомогою графіків, таблиць, діаграм. Це – так званий первинний аналіз даних. Для подання закономірностей можуть бути використані засоби офісного програмного забезпечення (WORD, EXCEL), комп'ютерних презентацій (POWER POINT), а також спеціалізоване програмне забезпечення для візуалізації даних, наприклад, на сайті Visualizing Statistical Concepts (див. Інтернет–посилання).

На етапі статистичного аналізу та інтерпретації результатів даних за допомогою пакетів прикладних програм здійснюється статистична обробка результатів дослідження, аналіз та інтерпретація, встановлення валідності та надійності висновків.

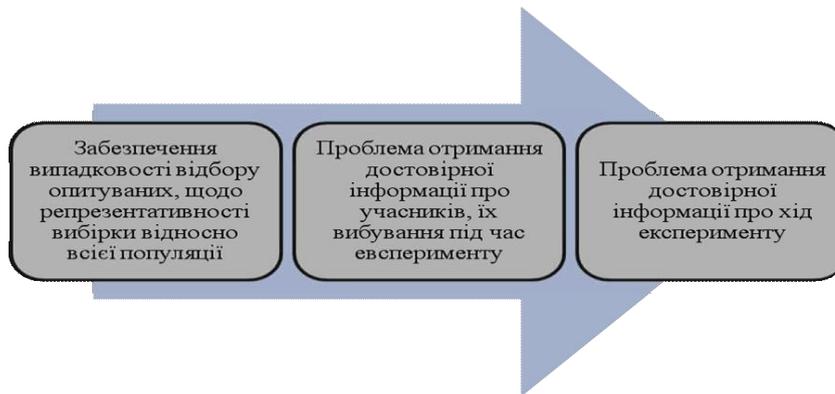
Програмне забезпечення, що використовується для обробки даних:



З метою статистичної обробки може бути розроблена спеціальна комп'ютерна програма, призначена для цілей конкретного експерименту; використане готове програмне забезпечення або дистанційне програмне забезпечення, що поширюється на сайтах, присвячених статистичному аналізу даних (н–д, Research Methods and Statistics Links by Subtopic).

Після отримання результатів тестування, можливо, виникне необхідність обґрунтування валідності використаного інструментарію та надійності отриманих висновків. Особливо це може бути необхідно у тому випадку, якщо для цілей експерименту було розроблено новий тест або методика, або використано тест, стосовно валідності якого нічого не відомо.

Труднощі у визначенні валідності Інтернет–експериментів



Існують два основні шляхи визначення зовнішньої валідності Інтернет–досліджень:

Перший порівняння результатів лабораторних досліджень, які були проведені у традиційних умовах, із результатами, які були отримані в Інтернет–дослідженні;

Другий порівняння результатів Інтернет–дослідження з теоретично передбаченими тенденціями.

Функції встановлення надійності та валідності входять до складу деяких пакетів прикладних програм (наприклад, SPSS), а також теж можуть бути здійснені через спеціалізовані Інтернет–сайти. Особливої уваги заслуговують питання встановлення валідності та надійності Інтернет–експериментів.

З'являється дедалі більше досліджень з впровадження новітніх засобів та технологій у навчання. Нові комп'ютерні технології експерименту видаються у цьому контексті особливо доречними. На етапі впровадження також можуть бути ефективно застосовані комп'ютерні технології. В результаті дослідження може бути розроблено дистанційний навчальний курс, електронний підручник або комп'ютерний засіб навчання. Створення сайтів експерименту, проведення форумів з питань експерименту дає можливість стеження за процесом впровадження, керування функціонуванням об'єкту впровадження, встановлення зворотного зв'язку, поширення інформації щодо результатів впровадження та подальших досліджень.

Лекція 13. Планування експерименту та аналіз результатів

1. Сутність математичного планування експерименту

Планування експерименту – це вибір числа та умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для розв'язання поставленого завдання з заданою точністю. Якщо на об'єкт дослідження одночасно діє декілька змінних факторів, це відповідає умовам багатфакторного експерименту. У разі наявності останнього можливі два методи планування експерименту:

– класичний метод, за яким досліджується вплив на об'єкт кожного фактора окремо, змінюючи його значення та фіксує решту факторів на сталому рівні;

– математичний метод, що дозволяє досліджувати вплив на об'єкт одночасно всіх факторів, змінюючи їх рівні за відповідним, наперед розробленим, планом.

У практиці планування експериментальних досліджень використовуються обидва методи, але другий має декілька переваг, а саме:

- значно зменшується необхідна кількість дослідів за наявності великої кількості змінних факторів;

- математичний опис процесу здійснюється у вигляді єдиного рівняння, яке включає всі змінні фактори, тоді як при першому методі кількість рівнянь, що описують процес, дорівнює кількості змінних факторів.

Основним завданням математичного планування експерименту є розроблення багатфакторних планів, котрі забезпечували б можливість отримати достатньо точну модель процесу у вигляді одного рівняння з мінімальною кількістю дослідів.

Під час планування експерименту можуть вирішуватися такі задачі:

- інтерполяційна, метою якої є побудова поверхні відгуку в факторному просторі для з'ясування характеру впливу кожного фактора на функцію відгуку;

- оптимізаційна, метою якої є визначення найкращого поєднання значень факторів, що забезпечує оптимальне значення функції відгуку.

Рівняння, яке встановлює зв'язок між значенням функції відгуку (вихідної величини) та значеннями змінних факторів, називають математичною моделлю процесу дослідження.

Якщо на об'єкт дослідження діють змінні фактори, що позначаються X_1, X_2, \dots, X_i які визначають його стан у якості вихідного параметра Y , то математичною моделлю процесу називають функцію у вигляді $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_i)$.

Обрати модель – означає знайти вигляд функції, записати її рівняння, яке називають рівнянням регресії. Наприклад, рівняння регресії для двох змінних факторів може бути записано у вигляді: лінійного рівняння:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2;$$

- неповного квадратного рівняння:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2;$$

- рівняння другого порядку:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2,$$

де $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ – коефіцієнти рівнянь регресії.

Для отримання лінійного або неповного квадратного рівняння застосовують плани першого порядку, а для отримання моделі у вигляді квадратного рівняння – план другого порядку.

Для вибору напряму та умов експерименту, перш за все, необхідно з'ясувати кількість змінних факторів та визначити інтервали їх варіювання. Ця процедура є досить важливим етапом наукового дослідження. Вона вирішується на основі всебічного вивчення явища, що досліджується, літературних джерел, проведення теоретичного аналізу, практичного досвіду й у кожному випадку носить творчий та індивідуальний характер.

Після прийняття рішення про вихідний параметр та змінні фактори, вплив

яких передбачається досліджувати, а також про область зміни значень кожного виконують кодування факторів.

Заміна натуральних значень факторів у відповідних одиницях виміру безрозмірними кодовими значеннями спрощує план експерименту та процес статистичного оброблення експериментальних даних.

Кожному фактору присвоюють, у тій самій послідовності, що й натуральним, кодове значення X_1, X_2 тощо. Найбільше кодове значення кожного фактора позначають (+1) та називають його верхнім рівнем, а найменше значення позначають (-1) і називають нижнім рівнем. Середнє значення позначають (0): це основний рівень.

Для факторів із безперервною областю визначення зв'язок між кодовим і натуральним значенням визначають за формулою:

$$X_i = \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta_{xi}}$$

де X_i – кодове значення фактора; x_i – натуральне значення фактора; x_{0i} – натуральне значення середнього рівня; Δ_{xi} – інтервал зміни фактора, що визначається як половина різниці між натуральними значеннями верхнього та нижнього рівнів фактора.

Під час складання плану експерименту та оброблення експериментальних даних усі фактори, незалежно від їх фізичної суті та числових значень, будуть мати однакові кодові значення (+1, 0, -1).

Розшифрування, тобто перехід до натуральних значень факторів, виконується після закінчення статистичного оброблення даних.

У планах першого порядку використовують тільки верхній та нижній рівні факторів. У планах другого порядку, крім зазначених, послуговуються й іншими рівнями, методика визначення та кодування яких частково розглянута нижче.

2. Повні факторні плани

Повним факторним планом (ПФП) називають план, в якому реалізуються всі можливі сполучення двох рівнів факторів (верхнього та нижнього). Кількість дослідів у цьому випадку визначають за формулою $N=2^k$, де k кількість змінних факторів.

Якщо досліджується вплив двох змінних факторів, то $N=2^2=4$. Для побудови матриці ПФП потрібно перейти до безрозмірних нормалізованих (кодових) позначень змінних факторів. Запровадження нормалізованих значень факторів створює ряд переваг.

Незалежно від фізичної суті та діапазону зміни фактора його нижній рівень у нормалізованих позначеннях дорівнює (-1), верхній рівень – (+1), а основний рівень – (0). Тому матрицю ПФП у нормалізованих позначеннях можна побудувати перебором рівнів (-1) і (+1), нехтуючи конкретними діапазонами зміни кожного з

факторів. Приклад ПФП типу 2^2 та 2^3 наведено в табл. 13.1. Таку таблицю називають планом-матрицею в кодових значеннях.

Розгорнутий план-матриця ПФП 22 та 23

Номер дослідів	Фактори			Взаємодія факторів				Функція y
	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_2 X_2 X_3$	
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y_1
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y_2
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y_3
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	y_4
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y_5
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y_6
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y_7
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y_8

Наведемо геометричне пояснення ПФП. Для прикладу, ПФП з двома факторами розглянемо як факторну площину, тобто координатну площину, на осі абсцис якої відкладається значення фактора X_1 , а на осі ординат – значення фактора X_2 (рис. 13.1, а).

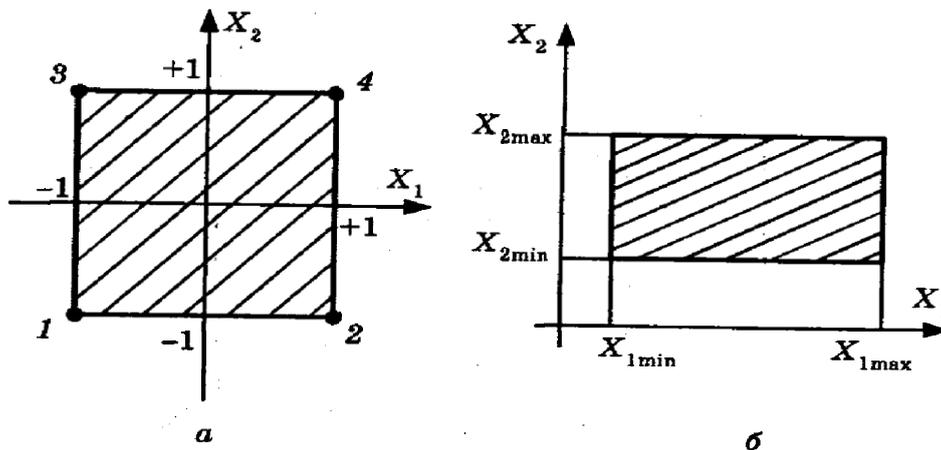


Рис. 13.1. Факторна площина плану з двома факторами: а – у кодових значеннях; б – у натуральних значеннях

Побудуємо на цій площині точки, координати яких відповідають нормалізованим значенням факторів у дослідів 1...4 матриці ПФП 2^2 . Точки цього плану утворюють вершини квадрату, центр якого збігається з початком координат. Площа квадрата – це область зміни кодових факторів. На факторній площині (рис. 13.1, б) зображені точки цього ж плану в натуральних значеннях факторів. У цих координатах область зміни факторів є площа прямокутника.

Для геометричного зображення ПФП 2^3 потрібний вже факторний простір з трьома факторними осями координат – x_1, x_2, x_3 (рис. 13.2). У нормалізованих координатах номерам дослідів ПФП 2^3 відповідають вершини куба, а в натуральних значеннях факторів – вершини паралелепіпеда.

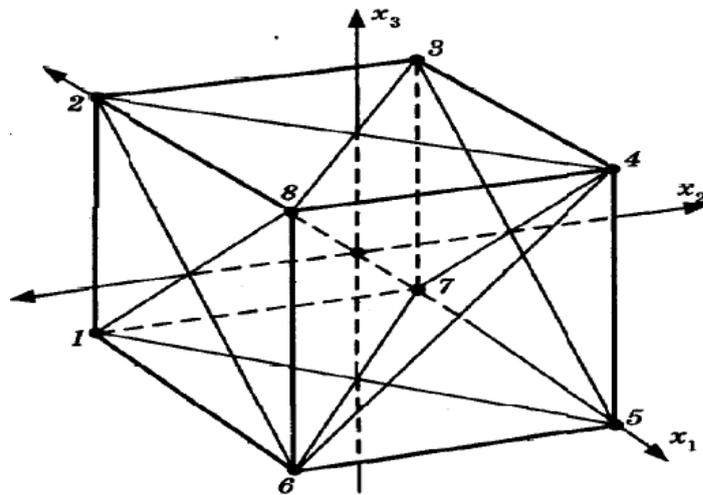


Рис. 13.2. Геометричне зображення ПФП 2^3

Існує загальне правило побудови матриць ПФП, суть якого полягає в такому:

- рівні першого фактора чергуються в кожному досліді;
- частота зміни рівнів кожного наступного фактора (X_j) удвічі менша, ніж попереднього (X_i).

Основними характерними властивостями план-матриць у кодових значеннях, які визначають точність результатів та сфери застосування відповідних планів для побудови математичних моделей, є: симетричність, нормованість, ортогональність, рототабельність, уніформність, композиційність. Симетричними відносно центра експерименту називають плани, для яких сума чисел будь-якого стовпця дорівнює нулю, тобто:

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} = 0 \quad (\text{для будь-якого } j).$$

Нормованими називають плани, для яких сума квадратів елементів кожного стовпця дорівнює числу дослідів, тобто:

$$\sum_{i=1}^N X_{ji}^2 = N$$

Ортогональними називають плани, для яких сума почленних добутків будь-яких двох стовпців матриці дорівнює нулю:

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} X_{ui} = 0 \quad (\text{для } j \neq u = 1 \dots k)$$

Властивість ортогональності дозволяє значно спростити процес визначення коефіцієнтів рівняння регресії, яке має загальний вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^K b_j X_j + \sum_{j=u}^K b_{ju} X_j X_u + \sum_{j=1}^K b_{jj} X_j^2 + \dots$$

де X_j, X_u – лінійні значення факторів; b_0, b_j, b_{ju}, b_{jj} – коефіцієнти членів рівняння; $X_j X_u$ – взаємодія двох різних факторів плану.

Рототабельність плану забезпечує однакову точність поверхні відгуку, незалежно від напрямків руху від центра експерименту до будь-яких рівновіддалених точок.

Уніформність планів забезпечує сталість дисперсії в деякій області навколо центра експерименту.

Композиційні плани дозволяють проводити експеримент частинами, тобто, в разі необхідності, переходити до планування більш високого порядку, зберігаючи одночасно результати попередніх дослідів.

3. Методика обробки результатів експерименту за повними факторними планами

Методика обробки результатів експерименту включає в себе такі основні етапи:

- визначення відновлюваності результатів рівняння регресії;
- розрахунок і оцінка значущості коефіцієнтів рівняння регресії;
- визначення рівня відповідності одержаної математичної моделі експериментальним даним, тобто перевірка адекватності рівняння регресії.

Визначення відновлюваності результатів дослідів. З метою забезпечення достовірності одержаних результатів, під час реалізації плану експерименту в кожному досліді (за однакових умов) необхідно провести декілька спостережень. Кількість спостережень визначається залежно від надійності дослідів. Під дією некерованих і невідомих факторів числове значення вихідного параметра при повторенні дослідів відрізняється одне від одного. Тому для кожного дослідів визначають середнє значення \bar{y}_i і дисперсію S_i^2

Відновлюваність дослідів перевіряється за критерієм Кохрена (G_p):

$$G_p = \frac{S_{i \max}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2} \leq G(q, f_y, f_n)$$

де $S_{i \max}^2$ – найбільша за числовим значенням дисперсія одного з дослідів, яка визначається (як і всі інші дисперсії дослідів) за формулою:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n-1}$$

де n – кількість повторень (дублювань) кожного дослідів; y_{ij} – значення вихідної величини в j -му дублюванні i -го дослідів ($j=1\dots n, i=1\dots N$); \bar{y}_i – середнє значення вихідної величини в i -му дослідів; $G(q, f_y, f_n)$ – табличне значення критерію Кохрена, яке обирається за статистичними залежно від: q – рівня достовірності (у більшості випадків $q=0,05$); f_y – кількості незалежних значень дисперсії ($f_y=N$); $f_n = n-1$ – числа свободи кожного значення, де n – кількість дублювань корисного дослідів.

Умова $G_p \leq G_{\text{табл}}$ означає, що коли розрахункове значення критерію Кохрена буде менше або дорівнюватиме табличному, то різниця між значеннями спостережень перебуватиме в межах необхідної точності дослідів.

Невиконання цієї умови означає, що на об'єкт дослідження впливають невраховані фактори, або значення фактора, що прийнято за сталє, в дійсності змінюється. У цьому випадку необхідно ще раз детально проаналізувати умови проведення експерименту.

Після такої оцінки визначається дисперсія відновлюваності досліду (помилка досліду) за формулою:

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2$$

Розрахунок і оцінка коефіцієнтів рівняння регресії. Спочатку визначається вільний член рівняння за формулою:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{y}_i$$

де \bar{y}_i - середнє арифметичне значення параметра оцінки кожного досліду.

Коефіцієнти інших членів рівняння регресії (7.8) визначають за такими формулами:

– коефіцієнти біля кожного фактора:

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ji} \bar{y}_i \text{ для } (j=1, 2 \dots N) \text{ для } (j=1, 2 \dots N),$$

де X_{ji} – кодове значення j -фактора в i -му досліді ПФП; – коефіцієнти біля взаємодій факторів:

$$b_{ju} = \frac{1}{N} \sum X_{ji} X_{ui} \bar{y}, \text{ для } (j \neq u, j, u=1, 2 \dots n) \text{ , для } (j \neq u, j, u=1, 2 \dots n)$$

Числові значення розрахованих коефіцієнтів рівняння регресії показують величину впливу того чи іншого фактора або взаємодії факторів на вихідний параметр.

Серед визначених коефіцієнтів можуть бути такі, що за своєю величиною на мають значного впливу на вихідний параметр. Тому для спрощення рівняння регресії ними можна знехтувати, попередньо з'ясувавши величину їх значущості.

Оцінка значущості коефіцієнтів виконується за допомогою критерію Стюдента. Коефіцієнт вважають значущим, якщо виконується нерівність:

$$|b| \geq t_{\eta, f} \cdot \Delta b$$

де Δb – похибка коефіцієнта, яка визначається за формулою:

$$\Delta b = \sqrt{\frac{S_y^2}{n \cdot N}}$$

$t_{q, f}$ - табличне значення критерію Стюдента, яке обирається за таблицями для відомих: q – рівень достовірності ($q=0,05$);

f – кількість ступенів свободи дисперсії відновлення, яке дорівнює $f=N(n-1)$.

$t_{q, f}$ - табличне значення критерію Стюдента, яке обирається за таблицями для відомих: q – рівень достовірності ($q=0,05$);

f – кількість ступенів свободи дисперсії відновлення, яке дорівнює $f=N(n-1)$.

Якщо за абсолютною величиною значення коефіцієнта менше за його похибку (6.15), то коефіцієнт вважають незначним, і відповідний член

виключається з рівняння регресії.

Перевірка рівняння регресії на адекватність означає оцінку достатньої точності результатів, одержаних значеннями дослідів. Така перевірка здійснюється за допомогою критерію Фішера. Якщо рівняння адекватне, то виконується нерівність:

$$F_{розр} < F_{табл}(0,05, f_1, f_2),$$

де $F_{розр}$ – розрахункове значення критерію Фішера, яке визначається за формулами:

$$F_{розр} = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2}, \text{ якщо } S_{ад}^2 > S_y^2;$$
$$F_{розр} = \frac{S_y^2}{S_{ад}^2}, \text{ якщо } S_y^2 > S_{ад}^2,$$

де $S_{ад}^2$ – дисперсія адекватності, яка в свою чергу визначається за формулою:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N n(\bar{y}_j - \bar{y}_i)^2$$

де $f_{ад}$ – число ступенів свободи дисперсії адекватності $f_{ад}=N-P$, де P – число значущих коефіцієнтів рівняння регресії; y_i – значення параметра оцінки для кожного дослідів, розраховане за одержаним рівнянням регресії в кодових значеннях; $F_{табл}$ – табличне значення критерію Фішера, що обирається залежно від $f_1 = f_{ад} = N - P$ – числа ступенів свободи дисперсії адекватності та $f_2 = f_y = N(n-1)$ – числа ступенів свободи дисперсії відновлення.

Якщо умова адекватності виконується, то можна вважати, що результати рівняння регресії з достатньою точністю узгоджені з результатами дослідів, а якщо умова адекватності не виконується, то це лінійне рівняння недостатньо точно описує процес, що досліджується, і тоді приймають одне з таких рішень:

- включають у модель нові взаємодії факторів;
- зменшують діапазон зміни факторів;
- переходять до планів другого порядку.

Включення в модель усіх взаємодій факторів дає можливість одержувати більш точну характеристику їх впливу на об'єкт дослідження. Однак для оцінки адекватності такої моделі не вистачає ступенів свободи у рівнянні. Так, двофакторна модель із взаємодією має чотири коефіцієнти для чотирьох дослідів, трифакторна модель – вісім коефіцієнтів для восьми дослідів. Тому доводиться нехтувати деякими взаємодіями, особливо більш високих порядків, або проводити додаткові дослідів.

Спосіб зменшення діапазону зміни факторів можна застосовувати лише в технічно обґрунтованих випадках. Тому частіше обирають рішення, яке передбачає перехід до плану другого порядку.

4. Аналіз одержаних результатів

Маючи адекватне рівняння, можна прогнозувати всі можливі значення параметра оцінки процесу для будь-яких значень факторів, що знаходяться між верхнім і нижнім рівнями. Аналіз одержаного рівняння регресії полягає у визначенні відносної значущості кожного змінного фактора та їх взаємодій і поясненні фізичної суті цих явищ.

Краще за все виконувати аналіз, користуючись рівнянням регресії в кодових значеннях факторів, яке має такі загальні особливості:

- абсолютна величина лінійного коефіцієнта рівняння регресії свідчить про ступінь (величину) впливу відповідного фактора на вихідний параметр оцінки досліджуваного процесу; більший вплив має той фактор, числове значення коефіцієнта якого більше;

- знаки лінійних коефіцієнтів рівняння регресії несуть дуже важливу інформацію, а саме: якщо коефіцієнт додатний, то вихідна величина зростає зі збільшенням відповідного фактора та зменшується за його зменшення; для коефіцієнтів з від'ємним значенням ця залежність має зворотний характер;

- рівняння регресії дозволяє розрахувати значення вихідного параметра для будь-якої точки в області зміни факторів, тому на його основі можна будувати графічні залежності від одного з факторів при фіксованих значеннях інших або від двох, трьох факторів одразу, графіки яких відображаються в об'ємних координатах.

Результат багатфакторного експерименту графічно можна уявити у вигляді поверхні відгуку (рис. 13.3). Якщо всі фактори виявляють лінійний вплив на вихідну величину і процес описується рівнянням першого порядку, то поверхня відгуку буде мати плоску форму (рис. 13.3, а).

Якщо процес описується рівнянням другого порядку, то поверхня набуває криволінійної форми (рис. 13.3, б) і тим більш складної, чим більше факторів виявляють нелінійний характер впливу на величину параметра оцінки досліду.

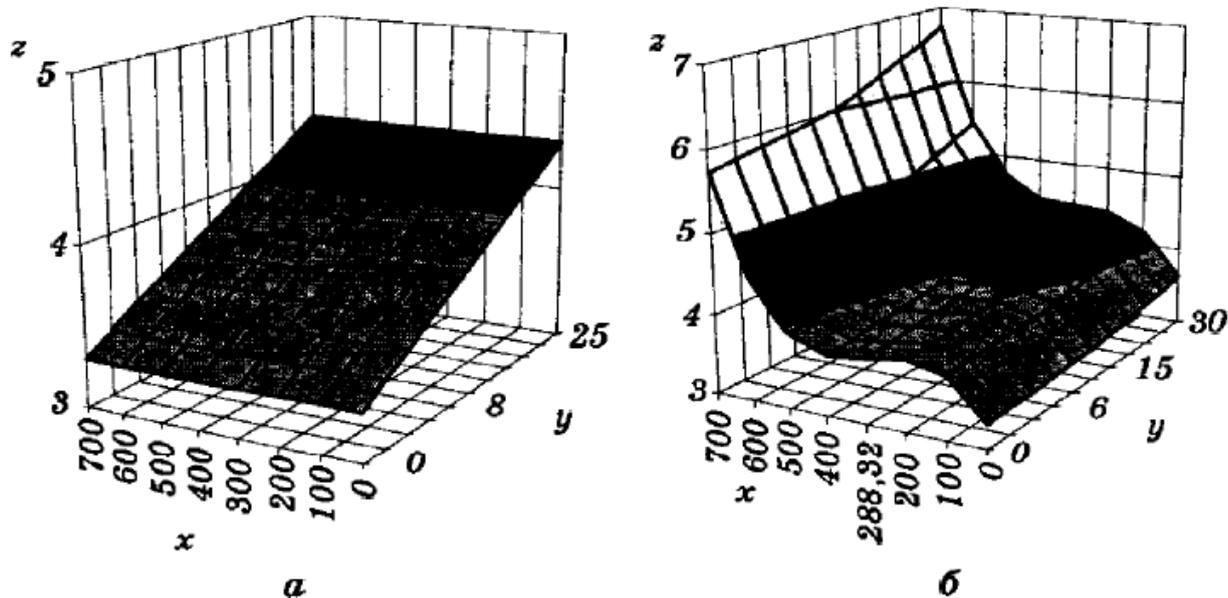


Рис. 13.3. Приклад графічного відображення багатфакторного експерименту: а – лінійна залежність; б – нелінійна залежність

Одержана математична модель може бути основною для оптимізації процесу, що досліджується, або раціонального керування ним.

Для одержання математичної моделі у натуральних значеннях факторів необхідно замінити кодові значення факторів на натуральні, використавши залежність. Але рівняння в натуральних значеннях втрачає важливу

інформативність щодо аналізу результатів досліджень, яка характерна для нормалізованих моделей. Тому аналіз результатів досліджень виконують тільки за рівнянням регресії у кодових значеннях.

Для попереднього аналізу рівнянь, тобто визначення впливу кожного з факторів, застосовують метод канонічного перетворення їх на більш прості, або метод розрахунку похідних.

Модель другого порядку в нормалізованих позначеннях факторів містить у собі, як і модель першого порядку, інформацію про міру впливу змінних факторів на вихідний параметр. Але присутність у рівнянні регресії взаємодій та квадратичних членів не дозволяє визначати зв'язок змінних факторів з вихідним параметром шляхом простого порівняння за величиною лінійних коефіцієнтів регресії.

Для квадратичної моделі вплив фактора на вихідний параметр непостійний. Він змінюється в різних точках нелінійного факторного простору. Міра такого впливу може бути визначена за значенням числової похідної в деякій точці $X_i = X_i'$.

Для моделі другого порядку з двома змінними факторами вона дорівнює:

$$\frac{dy}{dX_i(x)_i - \bar{x}_i} = b_{i1} + 2b_{ii}\bar{X}_i + b_{i2}X_2$$

Значення цього виразу залежить як від рівня фактора X_1 , так і від рівня фактора X_2 . Це характерно не тільки для рівняння другого порядку, але і для неповного квадратичного рівняння. У загальному випадку міру впливу i -го фактора на вихідний параметр Y визначають як максимальне за модулем значення величини:

$$\partial_i = \frac{dy}{dX_i} = b_i + 2b_{ii}X_i + \sum_{j=1}^N b_{ij}X_j$$

яке дорівнює

$$|\partial_{i\max}| = |b_i| + 2|b_{ii}| + \sum_{j=1}^N |b_{ij}|$$

Наочно характер впливу одного з факторів на вихідний параметр оцінюється за допомогою графічної залежності, побудованої за рівнянням регресії, при фіксованих значеннях усіх інших факторів.

5. Оптимізація результатів багатфакторного експерименту

Пошук оптимуму може відбуватись двома способами. Перший полягає в тому, що спочатку отримують рівняння регресії, а потім досліджують його на екстремум. Другим способом пошук екстремуму здійснюють під час виконання експерименту, не шукаючи загального зв'язку кожного з факторів із вихідним параметром. В останньому випадку застосовують експериментальні методи оптимізації.

Сучасна теорія і практика виконання оптимізації досить розвинута,

особливо в зв'язку з можливостями застосування ЕОМ. Для вирішення різних технічних завдань застосовуються як класичні, так і новітні методи, а саме: дихотомій, золотого перерізу, градієнтів, прямого пошуку та ін.

Пошук оптимального рішення, тобто знаходження таких значень факторів у межах діапазону їх зміни, при яких вихідний параметр має мінімум або максимум, виконується на основі рівняння регресії. Такі завдання часто виникають. Як правило, шукають максимум міцності, надійності, продуктивності й мінімум затрат сировини, матеріалів та енергетичних ресурсів, собівартості тощо за умов забезпечення необхідної якості виробів. Розглянемо методику виконання оптимізації на основі одержаного рівняння регресії другого порядку.

Оптимізація рівняння регресії дисоціативно-кроковим методом. Дисоціативно-кроковий метод є простим способом пошуку оптимальних рішень, що не вимагає застосування ЕОМ і побудований на властивостях рівнянь регресії. Він може бути придатний для випадків, коли діапазон зміни факторів знаходиться в межах (+1...-1).

Розглянемо основні властивості полінома другого порядку.

1. Графіком функції

$$y = b_0 + b_i X_i + b_{ij} X_i^2$$

є парабола.

2. Для $b_{ii} > 0$ рівняння описує вгнуту криву (гілки параболи спрямовані догори); для $b_{ii} < 0$ – опуклу (гілки параболи спрямовані донизу).

3. Абсциса вершини параболи дорівнює:

$$X_{iB} = -\frac{b_i}{2b_{ij}}$$

4. За умови

$$|b_i| > 2|b_{ij}|$$

вершина параболи знаходиться поза діапазоном зміни фактора X_i і, таким чином, рівняння (7.23) описує монотонну функцію. Якщо при цьому $b_i > 0$, то ця функція монотонно зростаюча, якщо $b_i < 0$ – монотонно спадна.

5. За умови

$$|b_i| > 2|b_{ij}|$$

функція має екстремум усередині діапазону зміни фактора X_i (максимум, коли $b_{ij} < 0$, або мінімум, якщо $b_{ij} > 0$).

Згідно з дисоціативно-кроковим методом, отримане на основі багатофакторного експерименту рівняння регресії в нормалізованому вигляді поділяється на квазіоднофакторні рівняння, кожне з яких включає лінійні й квадратичні члени тільки одного фактора та його взаємодії з іншими:

$$y_i = b_i X_i + b_{ij} X_i^2 + X_i \sum_{j=1}^K b_{ij} X_j$$

Лекція 14. Організація наукової діяльності

1. Науковий колектив та організація його роботи

Науковий колектив об'єднує вчених, наукових і науково-педагогічних працівників.

Вчений – фізична особа, яка проводить фундаментальні та (або) прикладні наукові дослідження і отримує наукові та (або) науково-технічні (прикладні) результати.

Науковий працівник – вчений, який має вищу освіту не нижче другого (магістерського) рівня, відповідно до трудового договору (контракту) професійно провадить наукову, науково-технічну, науково-організаційну, науково-педагогічну діяльність та має відповідну кваліфікацію незалежно від наявності наукового ступеня або вченого звання, підтверджену результатами атестації у випадках, визначених законодавством.

Науково-педагогічний працівник – вчений, який має вищу освіту не нижче другого (магістерського) рівня, відповідно до трудового договору (контракту) в університеті, академії, інституті професійно провадить педагогічну та наукову або науково-педагогічну діяльність та має відповідну кваліфікацію незалежно від наявності наукового ступеня або вченого звання, підтверджену результатами атестації у випадках, визначених законодавством.

Наукова творчість – це співтворчість на засадах колективного начала, наукове знання кристалізується у різноманітних контекстах спілкування – у партнерстві, діалозі, дискусії тощо.

Діяльність вчених, наукових і науково-педагогічних працівників спрямована на отримання наукових чи науково-прикладних результатів.

Науковий результат – нове наукове знання, одержане в процесі фундаментальних або прикладних наукових досліджень та зафіксоване на носіях інформації.

Науковий результат може бути у формі звіту, опублікованої наукової статті, наукової доповіді, наукового повідомлення про науково-дослідну роботу, монографічного дослідження, наукового відкриття, проекту нормативно-правового акта, нормативного документа або науково-методичних документів, підготовка яких потребує проведення відповідних наукових досліджень або містить наукову складову, тощо.

Науково-прикладний результат – одержані під час проведення прикладних наукових досліджень, науково-технічних (експериментальних) розробок нові або істотно вдосконалені матеріали, продукти, процеси, пристрої, технології, системи, нові або істотно вдосконалені послуги, введені в дію нові конструктивні чи технологічні рішення, завершені випробування, розробки, що впроваджені або можуть бути впроваджені в суспільну практику.

Науково-прикладний результат може бути у формі ескізного проекту, експериментального (дослідного) зразка або його діючої моделі, конструкторської або технологічної документації на науково-технічну продукцію, дослідного зразка, проекту нормативно-правового акта, нормативного документа або науково-методичних документів тощо.

Правила формування та згуртування наукового колективу: 1) правило адекватного відображення людини людиною, щоб не потрапити в залежність встановлених оцінок; 2) правило ефекту неправдивої згоди «так говорять всі», що може скластись неправильна уява про працівника; 3) правило ефекту поблажливості при завищеній оцінці якостей працівника, подій або явищ.

2. Принципи створення та роботи наукового колективу

Керівники наукових та науково-педагогічних колективів повинні створювати та підтримувати клімат довіри та взаємної поваги, формувати відкриту і прозору систему діяльності, бути доступними, з розумінням ставитися до всіх, на кого впливає і кого стосується їх діяльність.

Таблиця 14.1

Основні принципи створення наукового колективу

Принцип	Сутність принципу
Принцип гетерогенності	Склад наукового колективу має бути різномірним і формуватися з людей, здатних розв'язувати різні типи проблем (фундаментальних, організаційно- управлінських, пошукових, прикладних), взаємодоповнюючи один одного
Принцип комплексності	До наукового колективу мають бути залучені не тільки профільні фахівці, Для вивчення будь-яких об'єктів необхідною є інтеграція різних наукових напрямів і застосування методів багатьох наук.
Принцип сумісності	Необхідно, щоб за своїми фізіологічними, психологічними, моральними та інтелектуальними показниками люди були здатні, незважаючи на всі свої індивідуальні відмінності, до плідної спільної творчої праці.
Принцип відповідності	Відповідність формальної структури наукового колективу фактичному стану субординації його членів
Принцип перманентності	Безперервна зміна складу наукового колективу, адже колектив формується, існує, змінюється за своїм складом, у зв'язку зі зміною напрямів дослідження, а можливо, й повністю розформовується залежно від потреб науки.
Принцип «команди» (стабільності)	Окремі дослідники можуть приходити в команду (науковий колектив) ззовні й виходити з неї, але традиції, «дух команди», її специфічний творчий почерк розв'язання наукових проблем повинні залишатися за будь-яких обставин.
Принцип оптимальності кількісного і якісного складу	Відповідно до сучасних даних, оптимальна кількість первинного наукового колективу не повинна перевищувати 20 осіб.

Науковий колектив згуртований дослідницькою програмою, реалізація якої забезпечується складною функціонально-рольовою структурою. У ній виділяються такі ролі: 1) науково-когнітивні («генератор», критик, ерудит та ін.); 2) науково-управлінські (керівник, лідер, виконавці тощо); 3) науково-допоміжні (інженер, технік, лаборант та ін.).

Принципи роботи наукового колективу

Успіх у діяльності наукового колективу багато в чому визначається дотриманням таких принципів організації роботи:

Таблиця 14.2

Принцип	Сутність
Принцип інформованості про сутність проблеми	Процес дослідження буде сприйматися членами наукового колективу позитивно і з ентузіазмом, якщо кожен член колективу буде поінформований про результати які можуть бути досягнуті при вирішенні наукової проблеми.
Принцип тотальності	Всі, хто працює над проблемою повинні бути. Заздалегідь поінформовані про можливі проблеми і залучені до її вирішення.
Принцип ініціативи знизу	Інформація про завдання дослідження має стати. Частиною свідомості виконавців як корисна справа для наукового колективу
Принцип превентивної оцінки роботи	Необхідним є відповідне інформування співробітників з метою для виключення ототожнення тимчасових труднощів з наслідками прийняття тих чи інших рішень.
Принцип перманентної інформації	Керівник має систематично інформувати науковий колектив про стан виконання завдання, досягнуті успіхи чи невдачі.
Принцип безперервної діяльності	Завершення одного завдання повинно збігатися з початком нового.
Принцип індивідуальної компетенції	Врахування особистісних ціннісних орієнтацій працівників, їх потреб, і інтересів.
Принцип урахування особливостей сприйняття інновацій різними людьми.	Враховуючи індивідуальні особливості ставлення до нововведень, можна цілеспрямовано впливати на наукових працівників, формуючи їх поведінку.
Принцип наукової рівності	Ідеї, висунуті будь-яким співробітником колективу, повинні оцінюватися не за статусом джерела, а за змістом самої ідеї.

Принцип забезпечення права на індивідуальну творчість кожного його члена	Кожний має право на свою думку, свій підхід до розв'язання завдань, поставлених перед колективом.
Принцип забезпечення «права на помилку»	Помилятися може будь-хто з членів колективу.
Принцип забезпечення права на критику	Він означає, що будь-яка ідея в процесі конструктивної критики може бути спростована, якщо вона хибна, або вдосконалена, якщо вона правильна.
Принципи «мінімального контролю» і «максимального контролю»	Забезпечують оптимальне творче рішення будь-яких проблем. Сутність першого з них у тому, щоб не заважати вільному розвитку думок кожного науковця, а сутність другого, щоб забезпечити максимальний контроль за кінцевою продукцією, результатами досліджень.
Принцип стимулювання наукової творчості	Сутність його полягає у використанні всього діапазону моральних і матеріальних стимулів, заохочуючи науковців до творчості.

Серед особливостей роботи наукового колективу, які впливають на ефективність виділяють:

- 1) імовірний характер результатів, що вимагає організованості, терпимості, вольових якостей;
- 2) унікальність, яка обмежує використання типових методик і рішень;
- 3) складність та комплексність, що підвищують вимоги до кооперації;
- 4) масштабність і трудомісткість, які засновуються на вивченні значної кількості об'єктів й експериментальної перевірки отриманих результатів.

Умови ефективної роботи наукового колективу:

- згуртованість;
- сумісність співробітників;
- психологічний клімат;
- колективна думка й колективізм у роботі;
- традиції і творчий потенціал.

Оптимальний науковий колектив:

- поєднує в собі різні соціологічні групи: старих і молодих, з великим науковим стажем роботи та початківців, генераторів ідей та виконавців;
- мистецтво управління (за А. Йоффе) зводиться до трьох принципів
- простота, демократичність, принциповість;

– індивідуальний підхід до людей.

Основні права та обов'язки керівника наукової установи:

- вирішення питань діяльності наукової установи відповідно до статутних завдань;
- представлення наукової установи в органах державної влади та органах місцевого самоврядування, підприємствах, установах, організаціях усіх форм власності;
- відповідальність за результати діяльності наукової установи перед власником або уповноваженим ним органом;
- видання наказів і розпоряджень у межах своєї компетенції;
- визначення функціональних обов'язків працівників;
- призначення частини складу вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради наукової установи, яка є колегіальним дорадчим органом управління науковою і науково-технічною діяльністю наукової установи;
- здійснення інших повноважень, передбачених статутом (положенням) наукової установи.
- щорічне звітування перед колективом наукових працівників про свою діяльність.

3. Особливості управління конфліктами в науковому колективі

Різновиди конфліктів у науковому колективі

- 1) Конфлікти, які пов'язані з існуванням у науковому підрозділі формальної та неформальної форм організації.
- 2) Конфлікт, пов'язаний з неоднозначним розумінням цілей та завдань організації.
- 3) Конфлікт через існування міфологічних стереотипів бачення організації.
- 4) Конфлікт через обіймання декількох посад (ролей) у науковому колективі. Цей конфлікт, пов'язаний з необхідністю прийняття рішень керівниками, які одночасно обіймають кілька посад різного ієрархічного рівня.
- 5) Конфлікт через використання особистих стосунків при прийнятті рішень.
- 6) Конфлікт, пов'язаний з використанням ресурсів наукової організації.
- 7) Конфлікт, який виникає через матеріально-фінансові інтереси.
- 8) Конфлікт, пов'язаний з діяльністю науковців поза основною науковою організацією.
- 9) Конфлікт щодо виконання зобов'язань – конфлікт зобов'язань виникає в тому випадку, коли діяльність поза науковою організацією перетинається і перешкоджає виконанню зобов'язань за основним місцем роботи [76].

4. Наукова школа: сутність та ознаки

Основними умовами ефективного функціонування наукових шкіл є:

- визначення наукового напрямку, актуальної профільної наукової теми, перспективи її розвитку;
- формування наукових підрозділів (інститут, відділ, лабораторія, центр) при університеті, факультетах, кафедрах;
- формування наукових колективів, ретельне планування наукових

досліджень;

- створення сучасної матеріально-технічної дослідницької бази;
- наявність докторантури, аспірантури, інституту здобувачів;
- публікація фундаментальних наукових праць: монографій, науково-методичних посібників, статей у фахових виданнях, зокрема міжнародних; наявність фахового наукового періодичного видання;
- щорічне проведення наукових заходів: симпозіумів, конференцій, семінарів.

Підходи до розуміння поняття «наукова школа»

Наукова школа як інтелектуальна, емоційно-ціннісна, неформальна, відкрита спільнота вчених різних статусів, які розробляють під керівництвом лідера запропоновану ним дослідницьку програму, здійснюють її презентацію, захищають мету й результати, а також науково-педагогічні кадри		
Науково-освітня школа як	Наукова школа як форма	Наукова школа як
об'єднання науково-	організації наукової	нова наукова течія чи
дослідних й освітніх	діяльності, яку характеризує	напрямок, розробка
колективів, що	наявність творчого	нових принципів,
сформувалися на базі	наукового колективу на чолі	підходів, теорій,
одного ВНЗ	з визнаним лідером	законів тощо

Часто науковому колективу протиставляється наукова школа, хоча вони істотно різняться, а їх оптимальне поєднання має бути основою для структурної організації науки.

Основними умовами ефективного функціонування наукових шкіл є:

- визначення наукового напрямку, актуальної профільної наукової теми, перспективи її розвитку;
- формування наукових підрозділів (інститут, відділ, лабораторія, центр) при університеті, факультетах, кафедрах;
- формування наукових колективів, ретельне планування наукових досліджень;
- створення сучасної матеріально-технічної дослідницької бази;
- наявність докторантури, аспірантури, інституту здобувачів;
- публікація фундаментальних наукових праць: монографій, науково-методичних посібників, статей у фахових виданнях, зокрема міжнародних; наявність фахового наукового періодичного видання;
- щорічне проведення наукових заходів: симпозіумів, конференцій, семінарів.

Ознаки наукової школи:

- 1) Наявність ієрархічно структурованої наукової спільноти, яка розвивається у часі і просторі.
- 2) Наявність очільника – визнаного науковою спільнотою вченого, який володіє педагогічною майстерністю і має науковий авторитет.

- 3) Єдність тематики наукового пошуку керівника та учнів;
- 4) Спрямованість на розробку прогресивної або інноваційної наукової ідеї та продуктивної дослідницької програми нового, оригінального напрямку у науці.
- 5) Спільність наукових інтересів, принципів та методичних підходів при виконанні продуктивної програми досліджень.
- 6) Традиція наступності й передачі світосприймання, наукових цінностей, технологій науково-дослідної роботи.
- 7) Оригінальність наукових пошуків та характерний стиль роботи наукового колективу.
- 8) Постійне підвищення наукової кваліфікації учасників школи.
- 9) Наукова значущість розробок даної школи.
- 10) Публікація наукових результатів.
- 11) Органічні форми спілкування та взаємного впливу членів співтовариства один на одного.

Відмінності наукової школи від наукового колективу:

тематика досліджень наукової школи більш однорідна, ніж у лабораторії або відділі;

у школі відбувається постійний процес накопичення і структуризації наукового знання, тоді як у формальному колективі знання, якщо вони навіть отримані, часто не структуруються через розпорошеність наукової тематики;

для наукової школи більш характерний неформальний поділ науковців на «генераторів» ідей, критиків, ерудитів тощо, тоді як у науковому колективі стосунки між науковцями більш формалізовані згідно з розподілом за посадами;

у процесі відтворення поколінь учених у школі науковим керівником молодих дослідників завжди є учений - представник даної школи, тоді як у науковій лабораторії або відділі керівником може бути учений, що не належить до даної організації.

Критерії наявності та визнання наукової школи

- 1) Відповідність профільної теми державним пріоритетним напрямкам

розвитку науки і техніки, програмам МОН, НАНУ, галузеві.

- 2) Реєстрація НДР в рамках профільної теми у УкрІНТЕІ.
- 3) Захист докторських і кандидатських дисертацій за напрямом школи.
- 4) Наявність відкриттів, винаходів.
- 5) Видання монографій, публікацій у фахових виданнях, депонування звітів.

б) Організація наукових заходів: щорічних міжнародних чи всеукраїнських конференцій, постійно діючих семінарів.

7) Створені на базі школи діючі науково-виробничі структури державного рівня.

5. Роль особистості вченого в науці

Будь-яке наукове дослідження передбачає максимальне використання комплексу індивідуальних якостей дослідника, певних прийомів і способів дослідницької праці. Для ефективної наукової творчості дослідник повинен мати певні особистісні якості (табл. 14.3). Безумовно, важко знайти людину, котра мала б ці риси в повному обсязі, але потрібно прагнути їх розвивати та виховувати. Необхідна постійна робота над собою для більш повного розкриття задатків і здібностей, уваги, пам'яті, спостережливості, формування навичок наукової праці тощо.

Таблиця 14.3

Основні особистісні якості дослідника

Творчі та ділові якості	Основні характеристики
1. Професійна підготовка	Наявність спеціальних знань, що відповідають специфіці наукової діяльності і обраному предмету дослідження, загальна ерудиція, наявність знань у суміжних галузях науки. Основні елементи: високий рівень базової освіти, володіння комп'ютером і сучасними інформаційними технологіями, науковою рідною мовою, знання іноземної мови тощо.
2. Допитливість	Внутрішнє прагнення до збагнення істини, увага до невідомого і незрозумілого, високий інтерес до нових знань, зокрема до навчальної та наукової літератури.
3. Цілеспрямованість	Людина повинна бути націлена на подолання різних труднощів, які виникають перед нею. Слід бути впевненому в своїх силах, правильності обраного напрямку пошуку. Цілеспрямованість дозволяє чітко уявити перспективу роботи, планувати виконання окремих етапів.

4. Працелюбність	Слід виробити в собі витримку і терпіння, оскільки на початкових етапах наукового дослідження можливі певні невдачі, прорахунки. В ряді випадків обставини змушують проводити додаткову перевірку отриманих результатів, що пов'язано з витратами фізичних і духовних сил.
5. Спостережливість	Здатність до цілеспрямованого виявлення об'єктивних властивостей, зв'язків і відношень досліджуваних об'єктів.
6. Ініціативність	Внутрішнє прагнення до вдосконалення форм діяльності, опанування новими методами, способами та прийомами дослідження, здатність до самостійного прийняття рішень.
7. Почуття новизни	Вміння по-новому підходити до предмета дослідження, критичне ставлення до нових точок зору, нетерпимість до догматизму, творчий підхід у роботі, активна підтримка всього нового та прогресивного.
8. Зацікавленість у результатах дослідження	Наявність внутрішньої потреби(мотивів, ідей), що спонукають до дослідження, ставлення до наукової праці як до важливої, привабливої.
9. Пунктуальність, ретельність, обов'язковість	Якісне, своєчасне та ретельне виконання планів і графіків дослідження, дотримання власних зобов'язань.
10. Відповідальність і надійність	Здатність виконувати свої обов'язки, нести відповідальність за наукові дослідження, свої дії, вчинки та слова.
11. Організаторські здібності	Здатність до планування, упорядкування, узгодження, вдосконалення як власної діяльності, так і діяльності інших людей з метою досягнення поставленої мети та виконання завдань дослідження. Уміння раціонально й ефективно організовувати свою наукову працю.
12. Комунікбельність	Уміння налагоджувати контакти з різними людьми в процесі наукових досліджень.
13. Доброзичливість	Повага до інших людей і їх точок зору, людяність, прагнення допомогти у вирішенні певних проблем, співчуття.
14. Здорове честолюбство	Прагнення до визнання власних досягнень і поваги з боку колег і науковців, до просування по службі та кар'єрного росту.

Лекція 15. Психологія та етика наукових досліджень

1. Психологія наукової творчості

Проблеми вивчення наукової творчості, її умов, факторів і механізмів набули в епоху НТР виняткової актуальності.

Предмет дослідження психології наукової творчості



В загальній формі творчість визначається як соціально зумовлена духовно-практична діяльність, що веде до створення нових матеріальних і духовних цінностей. Ця діяльність не лише створює умови людському існуванню, але й стає способом саморозвитку людини, формування його здібностей творення і засобом самовираження особистості.

Творчий процес, його ефективність залежить від скерованості особистості (переконань, світогляду, ідеалів, схильностей, інтересів, бажань, потреб, мотивів), її психічних особливостей (відчуття, сприймання, уваги, пам'яті, мислення, почуттів, емоцій, волі), нарешті, від біопсихічного фактору – темпераменту, статевих, вікових, патологічних властивостей, характеру і здібностей особистості.

Фактори, що сприяють творчості:

1. Гнучкість інтелекту, тобто здатність своєчасно відмовитися від скомпрометованої гіпотези.

2. Легкість генерування і формування ідей, вміння перевести кількість ідей в якість, але разом з тим уникнути показової «спритності», легковажності, наукоподібності.

3. Здатність суб'єкта до так званого «бокового мислення», бо, щоб творити, треба думати «біля» даного явища, бути спостережливим, володіти здатністю доводити до кінця задумане.

4. Наявність елемента сумніву.

Факторами, що заважають творчості, можуть бути:

1. Страх, який є найнебезпечнішим ворогом творчості, бо побоювання невдачі сковує уяву та ініціативу.

2. Надмірна самокритичність, дуже прискіплива самооцінка, безкінечне «причісування» думок і дій, що часто приводить до паралічу у

творчості.

3. Лінощі – причина, яка згубила не один талант. Вроджені здібності повинні бути підкріплені працею, волею, прагненням досягнення мети. Правда, зустрічається і протилежна думка (Н. Вінер), у відповідності з якою лінь може сприяти творчості і бути справжньою матір'ю винаходу, бо виступає як стимул полегшення праці.

Різними можуть бути і стимули творчості. Серед них:

1. Бажання творити в ім'я висловлення своїх думок, прагнень і почуттів.
2. Поклик людства, соціальне замовлення гуманного скерування, полегшення праці, захисту здоров'я тощо.
3. Честолюбне прагнення до слави.
4. Одержання винагороди за працю.
5. Особистісна самореалізація, прагнення в ім'я людського блага передати в своїх працях думки, почуття, спостереження про світ і людей, розкрити своє розуміння істини.

Особливе місце в творчому процесі посідають *уява, мрія, фантазія, натхнення*. Останнє – це стан вищого, максимально інтенсивного оформлення задуму та ідеї новизни в науці, мистецтві чи техніці. В акті натхнення творець цілковито знаходиться під владою інтуїції, творить, не контролюючи себе, не поправляючи і не аналізуючи. Це своєрідний стан духовного сп'яніння. Доробки, підчистки робляться пізніше, «на тверезу голову». Але натхнення, «осяяння» не виникають самі по собі, нізвідки. Вони не знаходять на лінивого, оскільки є результатом глибокого повсякчасного внутрішнього пошуку, боротьби, роздумів, які можуть і не фіксуватися свідомістю.

В останні роки деякі психологи, що вивчають творчий процес, визнаючи діалектичний взаємозв'язок свідомого і несвідомого, надають перевагу останньому при характеристиці розумової діяльності людини.

2. Організація творчої діяльності дослідника

Наукова діяльність є складним творчим процесом, який має власну логічну послідовність, вимагає відповідної організації праці дослідника. Основні форми становлення нового знання – це науковий факт, наукова проблема, гіпотеза і теорія.

Наукові дослідження проводяться насамперед в інтересах практики та для подальшого розвитку теорії. Вони також здійснюються з метою подолання певних труднощів у процесі наукового пізнання, пояснення раніше невідомих фактів або для виявлення неповноти існуючих способів пояснення відомих фактів. Труднощі наукового пошуку найчіткіше проявляються у так званих проблемних ситуаціях, коли існуюче наукове знання, його рівень і понятійний апарат недостатні для вирішення нових завдань пізнання та практики.

Наукове дослідження не лише розпочинається з виявлення і формулювання проблеми, а й постійно має справу з новими проблемами, оскільки вирішення однієї з них призводить до виникнення множини інших. Рівень наукового дослідження здебільшого визначається тим, наскільки новими й актуальними є проблеми, над якими працює дослідник. Вибір і постановка

таких проблем обумовлюються об'єктивними та суб'єктивними умовами. Вирішення проблеми завжди передбачає вихід за межі відомого і тому не може знаходитися за допомогою наперед відомих правил і методів, що, однак, не виключає можливості і доцільності планування дослідження.

Наукову проблему часто характеризують як «усвідомлене незнання». Дійсно, наукова проблеми виникає разом із розумінням того, що наявні знання є неповними, і цю ситуацію можна виправити лише в результаті подальшого розвитку науки та практики.

Отже, наукова проблема – це форма наукового мислення, зміст якої становить те, що не досліджено людиною, але потребує пізнання, тобто це питання, котре виникло у процесі пізнання або практичної діяльності, і потребує відповідного науково-практичного вирішення. Це не застигла форма, а процес, який охоплює два основні етапи: постановку проблеми та її вирішення. Вміння правильно поставити проблему – необхідна передумова її успішного вирішення. «Формулювання проблеми, – зазначав А. Ейнштейн, часто суттєвіше, ніж її вирішення, котре може бути справою лише математичного чи експериментального мистецтва. Постановка нових питань, розвиток нових можливостей, розгляд старих проблем під новим кутом зору вимагають творчої уяви і відтворюють дійсний успіх у науці».

Поставити наукову проблему означає:

- розмежувати відоме і невідоме, факти, що пояснені, які потребують пояснення, факти, що відповідають теорії і котрі суперечать їй;
- сформулювати питання, яке висловлює основний зміст проблеми, обґрунтувати його правильність і важливість для науки та практики;
- визначити конкретні завдання, послідовність їх вирішення, методи, котрі будуть застосовуватися.

Для формулювання проблеми необхідно не лише оцінити її значення для розвитку науки і практики, а й мати методи і засоби її вирішення. По суті, вибір проблем здебільшого визначає напрямок наукового пошуку, стратегію і тактику дослідження. Вибір, постановка і вирішення проблем залежать як від об'єктивних, так і суб'єктивних факторів. До перших можна віднести: ступінь зрілості і розвитку об'єкта дослідження; рівень стану знань, теорій у певній галузі науки; потреби суспільної практики; наявність спеціальних технічних засобів, методів і методики дослідження.

Суб'єктивні фактори також суттєво впливають на постановку і вирішення проблем; передусім – це наукові інтереси та практичний досвід дослідника, оригінальність мислення, наукова сумлінність, моральне задоволення, яке він отримує при дослідженні, тощо.

Перед початком дослідження необхідно провести попередню роботу з метою формулювання наукової проблеми та визначити шляхи її розв'язання. Така робота може здійснюватися, наприклад, у спосіб, наведений нижче.

1. Виявлення нових фактів та явищ, що не можуть пояснюватись існуючими теоріями, а також практичних проблем, які потребують наукового обґрунтування і вирішення. Попередній аналіз повинен розкрити характер та обсяг нової інформації, що спонукає дослідника до наукового пошуку та

створення нових теорій.

2. Попередній аналіз та оцінка тих ідей і методів вирішення проблеми, котрі можна висунути на основі нових фактів та існуючих теоретичних передумов. Отже, відбувається висування, обґрунтування й оцінка тих гіпотез, з допомогою яких передбачається розв'язати проблему. При цьому не ставиться завдання конкретної розробки однієї гіпотези, а проводиться порівняльна оцінка різних гіпотез, ступеня їх емпіричної і теоретичної обґрунтованості.

3. Визначення мети вирішення і типу проблеми, її зв'язок з іншими проблемами. Більш повне і комплексне розв'язання проблеми передбачає наявність відповідної за обсягом та якістю емпіричної інформації, а також певного рівня розвитку теоретичних уявлень, тому досліднику дуже часто необхідно відмовитися від повного вирішення проблеми й обмежуватися вузьким або частковим варіантом.

4. Попередній опис та інтерпретація проблеми. Після виконання попередніх етапів створюється можливість точнішого опису, формулювання і тлумачення проблеми за допомогою наукових понять, категорій, принципів і суджень. Дослідник повинен з'ясувати специфіку зв'язку між емпіричними даними, на яких базується проблема, і тими теоретичними гіпотезами і припущеннями, котрі висуваються для її вирішення.

Наукові дослідження умовно можна поділити на теоретичні та прикладні. Перші спрямовані на розкриття нових властивостей, відношень і закономірностей реального світу, тобто досліджують проблеми, пов'язані з пізнанням властивостей, законів природи та суспільства. Другі здійснюють пошук та аналіз шляхів, засобів і методів наукового пізнання з метою їх втілення у практичну діяльність.

Кожний дослідник повинен знати специфіку наукової діяльності загалом і конкретної галузі знань зокрема. Ефективність наукового дослідження, оптимальне використання потенційних можливостей дослідника залежать від організації його праці. Чим вища організація наукового дослідження та праці дослідника, тим вагоміших результатів він може досягти за менший період часу, тим вищою буде якість та ефективність праці.

Основні принципи раціональної організації наукової діяльності – це творчий підхід до постановки та вирішення проблем, наукове мислення, плановість, динамічність, колективність, самоорганізація, економічність, критичність і самокритичність, діловитість, енергійність, практичність. Творчий підхід означає, що дослідник повинен прагнути до пояснення фактів, явищ і процесів реальної дійсності, намагатися внести щось нове у науку, тому для наукової діяльності характерною є постійна напружена розумова праця, спрямована на виявлення сутності та специфіки об'єкта і предмета дослідження. Дослідник має постійно розмірковувати про предмет дослідження, шукати шляхи розв'язання визначених наукових проблем.

Наукове мислення – це один із основних елементів наукової діяльності. Процес мислення відбувається у кожній людини по-різному, але значних результатів досягають лише ті дослідники, котрі постійно цілеспрямовано та

наполегливо міркують, концентрують свою увагу на предметі дослідження, виявляють творчу ініціативу.

Плановість у науковій діяльності обумовлюється тим, що цей вид праці людини є складним, трудомістким, часто вимагає значних витрат часу та коштів. Отже, планова дисципліна допомагає запобігти невиправданих витрат часу і ресурсів, ефективно та результативно вирішувати наукові проблеми. Плановість у науковій діяльності реалізується шляхом розробки різноманітних планів і програм, календарних графіків, блок-схем, індивідуальних планів тощо. Згідно з цими документами перевіряється хід

дослідження, його відповідність встановленим термінам, змісту етапів. За весь період дослідження може бути розроблено декілька планів з різним ступенем деталізації, початковий план уточнюється і коригується відповідно до отриманих на кожному етапі дослідження результатів.

Колективність наукової діяльності полягає в тому, що дослідник є членом певного колективу (групи, кафедри, інституту). Він може звертатися за порадами та обговорювати одержані результати з членами цього колективу, з науковим керівником, виступати з доповідями і повідомленнями на семінарах, наукових конференціях тощо.

Надзвичайно велике значення має самоорганізація праці дослідника, оскільки наукова діяльність підлягає обмеженій регламентації і нормуванню. Самоорганізація передбачає:

- відповідну організацію робочого місця із забезпеченням оптимальних умов для високопродуктивної дослідницької праці;
- дотримання дисципліни праці;
- послідовність у накопиченні знань;
- систематичність у дотриманні єдиної методики і технології при виконанні однотипних робіт.

Самоорганізація базується на певних правилах науково-дослідної роботи: постійно розмірковувати про предмет дослідження; працювати згідно з планом; при виконанні першочергової роботи відкидати другорядні справи; оптимально розподілити сили та час; заздалегідь готувати все необхідне; не робити кілька справ одночасно; творчу роботу виконувати перед технічною, а складну – перед простою; доводити розпочате до кінця; постійно контролювати свою роботу; вчасно вносити корективи; обмежувати ширину і глибину дослідження.

Принцип самообмеження виявляється в тому, що у будь-якому дослідженні слід обмежувати себе як за широтою охоплення теми, так і за глибиною її розробки. Дослідник уводячи певні часові рамки, обмежує себе. Самообмеження дуже важливе на стадії збору матеріалу, тобто слід вибрати те, що необхідно для вирішення даного завдання. Цей принцип також передбачає розвиток і виховання самокритичності, вміння тактовно відстоювати свої переконання.

3. Психологічні механізми розвитку наукового потенціалу особистості

Прийняття пріоритетної ідеї розвитку особистості як суб'єкта, який поєднує у собі духовні, інтерактивні, креативні та інтелектуальні здібності, здатного до активної участі у перетворенні власної навчально-пізнавальної і

дослідницької діяльності, обумовлює цілеспрямоване конструювання й реалізацію моделі культури дослідницької праці як показника сформованості та реалізації наукового потенціалу.

Головне завдання залучення особистості до науки на засадах актуалізації, розвитку наукового потенціалу – формування особистості готової та здатної, тобто компетентної, до здійснення пізнавальної діяльності у форматі науки.

Існують дві базові суперечності, що відображають такі неузгодженості:

– між усвідомленням необхідності опанування культурних знань і досвіду та неготовністю приймати цінності культурооволодіння й культуротворення як керівництво до дії;

– між рівнем сформованості дослідницької культури і вимогами, що характеризують особистість як таку, що володіє способами організації культурної дослідницької діяльності.

Розв’язання цих суперечностей буде сприяти активізації дослідницької діяльності тих, хто навчається, орієнтації їх на творчість і на культурне становлення, що на практиці забезпечить розгортання суб’єктної позиції особистості на всіх етапах розвитку наукового потенціалу.

Етапи розвитку наукового потенціалу



Концептуальну основу дослідження психологічних механізмів розвитку наукового потенціалу особистості в контексті культуротворчої моделі становлять такі положення:

– основою систематизації психологічних механізмів розвитку наукового потенціалу є структура наукового потенціалу особистості та рівень її функціонування;

– один психологічний механізм може включати в себе інші механізми, а сам, у свою чергу, входить до будь-якого більш загального психологічного механізму. При цьому всім психологічним механізмам притаманні особливості механізму інтеріоризації як «механізму механізмів»;

– кожен психологічний механізм включає в себе у різному співвідношенні процеси диференціації та інтеграції як базові у розвитку і становленні людини в культурі;

– психологічний механізм як система складається із підсистем, ступінь активізації яких неоднаковий і залежить від того, для виконання якої саме функції наукового потенціалу вони необхідні.

Підґрунтям для виокремлення системотвірних механізмів розвитку

наукового потенціалу особистості є тримірна модель простору наукової праці: наукова діяльність, наукове спілкування і особистість вченого.

Механізмом, що запускає розвиток наукового потенціалу особистості, є зв'язок самоактуалізації із задоволеністю дослідницькою діяльністю.

Розвиток наукового потенціалу – це оптимізація творчості, мисленнєвої діяльності шляхом підвищення рефлексивної культури мислення. Наукова рефлексія як компонент творчості забезпечує переосмислення змісту свідомості її суб'єкта – ученого, самовдосконалення його особистості як творця та формування особистісної готовності до реалізацій наукового потенціалу.

Рефлексивна діяльність забезпечує аналіз здійснюваних досліджень, виокремлення нових засобів для побудови більш досконалих процесів науково-пошукової діяльності, сприяє оволодінню культурою наукової праці.

Механізми розвитку наукового потенціалу

За рівнем узагальнення		За рівнем функціонування	
Системні	Конкретні	Особистісні	Соціально-психологічні
1) ціннісно-смыслові механізми;	1) прийняті цінності культуурооволодіння дослідницької діяльності як керівництва до дії;	1) особлива внутрішня позиція;	1) залученість до спільної дослідницької діяльності;
2) механізми самореалізації у підсистемах самопізнання, ідентифікації, відчуження, самоактуалізації; задоволеності;	2) орієнтованість на культурно-дослідницький модус поведінки;	2) розвинута творча уява	2) готовність ефективно взаємодіяти у різних комунікативних ситуаціях і позитивно впливати на інших за умов групової роботи.
3) рефлексивні механізми (системні, предметні і метарефлексії)	3) оволодіння методами та засобами розвитку наукового потенціалу.	3) узагальнення переживань	

4. Мотивація наукової діяльності

Наукова творчість як діяльність має два аспекти:

1) операційний, в якому розглядаються питання про те, як учений знаходить нову наукову проблему, як накопичує нові факти, як категорійний склад його мислення перешкоджає розробці нової інтерпретації фактів і як проблема вирішується;

2) мотиваційний аспект, у якому розглядаються питання про те, як скеровується інтерес ученого на об'єкт дослідження, як переживається

конфлікт між новими фактами та старим категорійним складом його мислення.

Підвищення наукової активності залежить від ряду умов. Основне значення для наукової діяльності має інтерес до пізнання, що формується на основі усвідомленої мотивації. Мотивація, інтерес, потреба пізнання – це необхідні умови для науково-дослідної діяльності.

Мотиви – спонукачі діяльності, життя суб'єкта, що складаються під впливом умов і визначають спрямованість його активності.

Мотиви:

– внутрішні – первинні відносно до наукової роботи й формуються відповідно до потреб особистості в пізнанні й розвитку

– зовнішні – вторинні й формуються під впливом зовнішнього середовища.

Мотиваційна структура наукової діяльності (за Т. І. Левченко):

– наукові здібності;

– рівень теоретичного мислення і професіоналізму;

– певні мисленнєві вміння та навички;

– цілісність, значущість, цінність роботи;

– автономія;

– зворотний зв'язок;

– постійне самовдосконалення;

– потреби в діяльності, активності, результативності;

– зовнішня і внутрішня мотивація;

– тип інтелекту.

Мотиви науково-дослідної діяльності

1) Зовнішні мотиви науково-дослідної діяльності:

– бажання посісти певне місце в житті, стати корисним членом суспільства;

– бажання заслужити схвалення, завоювати авторитет;

– бажання бути підготовленим до майбутньої професії;

– бажання уникнути незадовільної оцінки;

– вимоги батьків, викладачів та ін.

2) Внутрішні мотиви науково-дослідної діяльності:

– інтерес до процесу навчання, до змісту навчального матеріалу, способів діяльності;

– бажання отримати більше знань;

– прагнення отримати задоволення від роботи;

– прагнення до систематизації знань;

– інтерес до сутності явищ,

– інтерес до самостійного виконання роботи,

– інтерес до подолання труднощів та ін.

У процесі наукової діяльності внутрішньою спонукою є задоволення від самого процесу роботи, прагнення інтелектуального успіху, бажання вирішувати й знаходити проблеми. Внутрішньо мотивований учений захоплений дослідженнями, перебігом власних міркувань, ним рухає інтерес, азарт досліджень.

Зовнішні мотиви можуть слугувати двигуном науково-дослідної діяльності тільки за умови внутрішньої мотивації. Отже, найбільший ефект від наукової роботи може бути досягнутий за наявності внутрішньої мотивації.

Можливими мотиваторами наукової діяльності є різновиди патології в науці – конкуренція, підозрілість, заздрість, прихований плагіат. Ця ситуація визначається поняттям «амбівалентність» і характеризує подвійність і суперечливість мотивів та моделей поведінки.

Виділяють три основні аспекти мотивації наукової діяльності:

- професійний (підвищення загального рівня знань, формування кваліфікованого фахівця, підвищення рівня підготовки за напрямом дослідження);

- моральний (участь у конкурсах, конференціях як засіб відчуття необхідності й можливості самовираження та самореалізації);

- матеріальний (розробка проектів, що приносять прибуток).

Мотивація до науково-дослідної роботи припускає наявність стійких інтересів (пізнавального, професійного, особистісного, соціального), що окреслює не тільки інтерес, позитивне ставлення фахівця до дослідницької діяльності, але й відображають загальну спрямованість особистості, її пошуково-творчу, дослідницьку позицію, що зумовлює переконаність у професійній та соціальній значущості дослідницької діяльності й усвідомлення необхідності брати в ній активну участь.

Вивчення мотиваційного процесу неминує приводить до необхідності врахування проблеми не тільки потреб але й цінностей.

5. Ціннісна навантаженість наукового знання

Проблема присутності цінностей у науковому пізнанні належить до важливих питань епістемології. З одного боку, від наукового знання очікують, що воно об'єктивно відображатиме предмет дослідження, а результати наукових досліджень виявлятимуться незалежними від бажань чи уподобань. Такий підхід передбачає ціннісну нейтральність науки. З іншого боку, намагання створити цілком раціональну, ціннісно нейтральну модель наукового пізнання, з якої були б виключені всі суб'єктивні чинники є не можливим.

Класичний ідеал науки передбачав, що наука має бути вільною від цінностей, а суб'єкт пізнання здатен досягти цілком об'єктивного знання. Наука повинна давати знання, яке б неупереджено відображало світ і було б вільним від суб'єктивних уподобань окремих вчених чи наукових шкіл.

Однак, цілком нейтральної, вільної від будь-яких цінностей науки не існує, адже сама істина є цінністю, і, відповідно, вчений надає перевагу тим процедурам, які ведуть до істини, оцінюючи їх позитивно.

Дослідницька діяльність є одним із виявів соціальної діяльності, а отже в ній відображаються цінності і норми суспільства. Визнання неминучої присутності в науці цінностей загострює питання про об'єктивність учених, адже об'єктивність і надалі залишається одним із ключових принципів науки.

Об'єктивність розглядається як один із важливих ідеалів науки, і часто досягнення об'єктивності асоціюється із неупередженістю, тобто ціннісною нейтральністю.

Досить поширеним є підхід, за яким наукові результати виступають ціннісно нейтральними, а моральні проблеми постають не в процесі дослідження, а в процесі використання здобутого знання. Однак у сучасній етиці науки дедалі наполегливіше звучить вимога до вчених передбачати

можливі негативні наслідки застосування результатів їх досліджень і по можливості запобігати цьому.

Цінності присутні й у внутрішньонауковій сфері, і неодмінно справляють вплив на діяльність учених. Найочевиднішим входження цінностей у наукове знання стає на рівні загальнонаукової картини світу. Постановка проблем і способи їх вирішення залежать від світоглядних установок, поширених у науковому співтоваристві.

На вибір наукових теорій можуть впливати й зовнішні щодо науки інтереси (скажімо, кар'єрні перспективи вченого можуть залежати від того, підтримуватиме він теорію керівника чи ні).

Необхідними орієнтирами для вчених є обґрунтованість і, несуперечливість, емпірична перевірюваність, прогностична сила теорій.

Ціннісні орієнтації вченого

Ціннісні орієнтації вченого спираються на цінності наукового пізнання як особливого виду діяльності (когнітивні цінності) і на цінності, яким керується вчений як особистість (екзистенційні та соціальні цінності).

Традиційно головна когнітивна цінність науки – істина (об'єктивний, доведений знання). У прагненні до істини учений не повинен рахуватися ні зі своїми симпатіями і антипатіями, ні з якими б то не було іншими привхідним обставинами.

Норми науки будуються навколо чотирьох основних цінностей:

– універсалізм – переконаність у тому, що вивчені наукою природні явища протікають всюди однаково і істинність наукових тверджень повинна оцінюватися незалежно від віку, статі, раси, авторитету, звань тих, хто їх формулює.;

– спільність – наукове знання повинне вільно ставати загальним надбанням;

– безкорисливість – стимулом діяльності вченого є пошук істини вільної від міркувань особистої вигоди (слави, грошової винагороди тощо);

– скептицизм організований – повага до попередників і критичне ставлення до їх результатів.

У формуванні типу особистості вченого, його поведінкових і ментальних навичок беруть участь ціннісні орієнтації тієї чи іншої епохи.

Вчений поділяє основні цінності культури, в якій виріс, – гуманізм, повага до особистості, служіння суспільству, демократичне право кожної людини на свободу вибору, право на життя і т. д.

6. Наукове довголіття

Питання психології здоров'я в контексті професійної діяльності групуються у два основних завдання:

– виявлення резервів професійного довголіття;

– психологічне забезпечення виходу з професії за віком.

У вирішенні першого завдання істотна роль відводиться психогієні праці. З її допомогою відшукуються оптимальні варіанти організації робочого місця, поліпшуються естетичні умови праці, знижується вплив на надійність і безпеку професійної діяльності несприятливих чинників фізичного середовища та індивідуальних особливостей суб'єктів праці.

Одним з найважливіших умов підтримки психічного здоров'я науковців в процесі професійної діяльності є вміння користуватися прийомами психічної саморегуляції – здійснювати свідомий вплив на властиві їм психічні явища, виконувати діяльність, власну поведінку з метою підтримки або зміни характеру їх протікання.

Під аутогенним тренуванням розуміється система прийомів психічного самовпливу, оволодіння якими робить можливим управління деякими вегетативними функціями і психічними процесами.

Застосування аутогенного тренування і інших методів психічної саморегуляції сприяє виробленню у науковців звички до самоконтролю, до самостереження за зовнішніми проявами власних емоцій, вміння самостійно долати емоційну напруженість. За допомогою спеціальних методів тренування людина може навчитися усвідомленому самоконтролю і довільній зміні протікання власних мимовільних фізіологічних процесів.

Збереження психологічного комфорту науковця і підтримання його працездатності повинні бути забезпечені не тільки за рахунок сприятливого соціального середовища і раціональної організації праці, а й профілактики вікових змін організму і психіки.

В якості самостійної психологічної проблеми виступає забезпечення внутрішньо безконфліктного завершення професійного шляху. Сам по собі вихід з професії, розставання з улюбленою справою, є серйозним випробуванням для психічного здоров'я вченого і його фізичного самопочуття. У похилому віці людина набуває неквапливість, обережність, точність формулювань і належний самоконтроль, які стають гарною опорою їй в організації власної діяльності. Тому такий вчений на відповідальному посту може бути вельми позитивним явищем.