

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Конспект лекцій

Харків - 2014

Методи наукових досліджень: Конспект лекцій / Д.В. Ломотько, А.Л. Обухова, О.В. Ковальова, Я.В. Запара. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 79 с.

Розглянуто питання проведення наукового дослідження. Наведено вимоги та методи організації етапів дослідження. Даний конспект лекцій рекомендується для поглиблення знань при вивченні дисципліни «Методи наукових досліджень».

Рекомендовано для студентів спеціальності «Організація перевезень і управління на транспорті» (залізничний транспорт) всіх форм навчання та слухачів ІППК.

Іл. 1, бібліогр.: 9 назв.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри управління вантажною та комерційною роботою 4 лютого 2013 р., протокол № 10.

Рецензент

проф. Є.С. Альошинський

МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Обухова А.Л.

Редактор Ібрагімова Н.В.

Підписано до друку 05.03.13 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 3,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Зміст

Тема	1.	Методологія	пізнання	і	5		
творчості.....							
	1.1	Організація науково-дослідницької роботи.....			5		
	1.2	Науково-дослідницька робота студентів у вищій школі.....			6		
.							
	1.3	Методологічні основи наукового пізнання і творчості.....			7		
	1.4	Типологія	методів	наукового	8		
дослідження.....							
	1.5	Системний	підхід	наукових	11		
дослідженнях.....							
Тема	2.	Методи		наукового	12		
дослідження.....							
Тема	3.	Методи	обробки	наукової	13		
інформації.....							
	3.1	Загальна	характеристика		13		
інформації.....							
	3.2	Види	джерел		13		
інформації.....							
	3.3	Пошук, порядок обробки та групування необхідної інформації.....			15		
..							
Тема	4.	Методичний		задум	17		
дослідження.....							
	4.1	Поняття	наукової		17		
проблеми.....							
	4.2	Поняття	теми	дослідження	та	її	19
формулювання.....							
	4.3	Визначення	предмета	та	об'єкта	20	
дослідження.....							
	4.4	Мета	і	завдання	21		
дослідження.....							
Тема	5.	Структура та зміст етапів		дослідницького	22		
процесу....							
	5.1	Порядок	здійснення	наукового	22		

дослідження.....					
5.2	Етапи		науково-дослідної		24
роботи.....					
Тема	6.	Збір	науково-технічної		27
інформації.....					
6.1	Методи	обробки	наукової		27
інформації.....					
6.2	Проведення		теоретичних		29
досліджень.....					
6.3	Методи		теоретичних		30
досліджень.....					
Тема	7.	Моделювання	фізичних	об'єктів	і 32
процесів.....					
Тема		8.		Математичне	36
моделювання.....					
8.1	Класифікація	та	етапи	математичного	36
моделювання..					
8.2	Задачі			математичного	38
моделювання.....					
Тема	9.	Методологія	експериментальних		39
досліджень.....					
9.1	Сутність,	мета,	функції	наукового	39
експерименту.....					
9.2				Класифікація	41
експериментів.....					
9.3	Методологія		експериментальних		44
досліджень.....					
Тема		10.		Метод	47
моделювання.....					
	Тема 11.	Аналітичні методи			50
	дослідження.....				
11.1	Особливості аналітичного динамічного				50
моделювання.					
11.2	Особливості аналітичного статичного				52
моделювання.					
	Тема 12.	Імовірісно-статистичні методи			55
	дослідження.....				
	12.1	Суть імовірісно-статистичних			55

методів.....	
12.2 Випадкові величини та їх розподіли.....	57
Тема 13. Методи системного аналізу.....	60
Тема 14. Формальна і неформальна постановка завдання, перехід від реального завдання до інформаційної моделі.....	64
14.1	64
Формалізація.....	
14.2 Інформаційне моделювання.....	66
Тема 15. Аналіз теоретично-експериментальних досліджень..	68
15.1 Основи теорії випадкових помилок і методів оцінки випадкових похибок у вимірюваннях.....	68
15.2 Методи графічної обробки результатів експерименту.	71
Тема 16. Впровадження та ефективність наукових досліджень.....	73
....	
16.1 Апробація та оприлюднення результатів наукового дослідження.....	73
...	
16.2 Впровадження результатів наукових досліджень.....	74
16.3 Ефективність наукових досліджень.....	76
Список літератури.....	79

Тема 1. Методологія наукового пізнання і творчості

1.1 Організація науково-дослідницької роботи

Наука – теоретична систематизація об’єктивних знань про дійсність; одна з форм суспільної свідомості. У ході історичного розвитку наука перетворюється на продуктивну силу суспільства і найважливіший соціальний інститут. Термін «наука» вживається також для позначення окремих галузей наукових знань.

Наука є сферою суспільного життя, діяльністю людей, яка полягає у здобутті нових, а також у використанні вже існуючих знань.

Науку можна подати як діяльність наукову, науково-технічну, а також науково-педагогічну та науково-організаційну.

Наукова діяльність – це інтелектуальна творча діяльність, спрямована на одержання і використання нових знань. Основними її формами є фундаментальні та прикладні наукові дослідження.

Фундаментальні наукові дослідження – наукова теоретична та (або) експериментальна діяльність, спрямована на одержання нових знань про закономірності розвитку природи, суспільства, людини, їх взаємозв’язки.

Прикладні наукові дослідження – наукова і науково-технічна діяльність, спрямована на одержання і використання знань для практичних цілей.

Науково-технічна діяльність – інтелектуальна творча діяльність, спрямована на одержання і використання нових знань в усіх галузях техніки і технологій. Її основними формами (видами) є науково-дослідні, дослідно-конструкторські, проектно-конструкторські, технологічні, пошукові та проектно-пошукові роботи, виготовлення дослідних зразків або партій науково-технічної продукції, а також інші роботи, пов'язані з доведенням наукових і науково-технічних знань до стадії їх практичного використання.

Основним законодавчим актом, що регулює наукову діяльність в Україні, є **Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність»**. Закон визначає правові, організаційні та фінансові засади функціонування і розвитку науково-технічної сфери, створює умови для наукової і науково-технічної діяльності, забезпечення потреб суспільства і держави у технологічному розвитку.

1.2 Науково-дослідницька робота студентів у вищій школі

Науковий пошук характеризується різним ступенем та рівнями щодо глибини і складності. Його здійснюють різні люди, які мають різну кваліфікацію, підготовку та дослідницькі можливості. Елементи наукового пошуку використовують уже під час навчального процесу в загальноосвітніх школах. Вимоги до наукового пошуку зростають у вищому навчальному закладі. Види навчально-дослідної роботи студента: реферат, курсова робота (реферативна, дослідницька), дипломна робота (дипломний проект, дипломний твір), магістерська робота.

Реферат – доповідь на певну тему, що передбачає огляд відповідних літературних та інших джерел або викладення змісту наукової роботи, книги, статті.

Курсова робота – це робота на певну тему, яка передбачає опрацювання наукових, законодавчих, навчальних джерел, забезпечує їх об'єктивне викладення на основі відповідного аналізу та засвідчує суб'єктивний ступінь самостійності, уміння

застосовувати здобуті знання та набуті навички, розвиває дослідницькі вміння та здібності.

Дипломна робота – це спеціальна форма наукової роботи, яка передбачає опрацювання наукових, законодавчих, навчальних, архівних джерел, забезпечує їх об'єктивне викладення на основі відповідного аналізу та засвідчує суб'єктивний ступінь самостійності, має свої кваліфікаційні ознаки. Дипломну роботу виконує студент-випускник для отримання диплома (свідоцтва) про закінчення навчального закладу.

Магістерська робота – післядипломна форма наукової роботи, яка передбачає опрацювання наукових, законодавчих, навчальних, архівних (у тому числі рукописних) джерел на вищому, порівняно з дипломною роботою, рівні, забезпечує об'єктивне викладення опрацьованого матеріалу на основі відповідного аналізу та засвідчує суб'єктивний ступінь самостійності, має свої кваліфікаційні ознаки.

1.3 Методологічні основи наукового пізнання і творчості

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

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

Методологія науки може бути *загальною або конкретно-науковою*.

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

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

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

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

1.4 Типологія методів наукового дослідження

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

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

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

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

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 і проявів, що доступні живому спогляданню. Збирання фактів, їх первинний опис, узагальнення, систематизація – характерні ознаки емпіричного пізнання. До основних методів, які

використовуються на емпіричному рівні дослідження, можуть бути віднесені **спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент, абстрагування, аналіз і синтез.**

Теоретичний рівень дослідження пов'язаний з більш глибоким аналізом фактів, з проникненням у сутність досліджуваних явищ, з пізнанням і формулюванням законів, тобто з поясненням реальної дійсності. До основних методів, які використовуються на теоретичному рівні дослідження, можуть бути віднесені **індукція і дедукція, ідеалізація, формалізація та інші.**

Спостереження – це цілеспрямоване, систематичне, планомірне, активне вивчення предметів і явищ реальної дійсності, що знаходяться в природному стані або в умовах наукового експерименту.

Під спостереженням також розуміють апробацію, обґрунтування висунутих гіпотез або проміжних результатів дослідження. Вчений використовує спостереження з метою збору наукових фактів для винайдення способу вирішення проблеми (висування та доведення гіпотези).

Наукові факти – відбиті свідомістю факти дійсності, причому перевірені, осмислені та зафіксовані мовою науки у вигляді емпіричних суджень.

Порівняння – один із найбільш поширених методів пізнання, який дозволяє встановити подібність і розбіжність предметів і явищ. Недарма говорять, що «все пізнається в порівнянні». У результаті порівняння виявляється те загальне, що притаманне ряду об'єктів.

Різновидом порівняння є аналогія.

Аналогія – метод наукового дослідження, завдяки якому досягається пізнання одних предметів і явищ на основі їх подібності з іншими.

Одним із різновидів методу аналогій є метод моделювання.

Моделювання – метод наукового пізнання, що ґрунтується на заміні предмета або явища, що досліджуються, на їх аналог - модель, що містить істотні риси оригіналу.

Вимірювання – це метод дослідження, за допомогою якого визначається числове значення деякої величини з використанням одиниці вимірювання об'єкта.

Експеримент – метод емпіричного дослідження, що базується на активному та цілеспрямованому втручанні суб'єкта у процес наукового пізнання явищ і предметів реальної дійсності шляхом створення контрольованих і керованих умов, що дозволяють виділяти визначені якості, зв'язки в об'єкті, що досліджується, і багатократно їх відтворювати.

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

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

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

Метод сходження від абстрактного до конкретного є загальною формою руху наукового пізнання - це відображення дійсності в мисленні. 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.

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

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

Індукція – метод дослідження, при якому загальний висновок про ознаки множини елементів виводиться на основі вивчення цих ознак у частині елементів однієї множини.

Дедукція – метод логічного висновку від загального до часткового, тобто спочатку досліджують стан об'єкта в цілому, а потім його складові елементи.

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 у знаковій формі за допомогою штучних мов, наприклад мовою математики.

1.5 Системний підхід у наукових дослідженнях

Системний підхід – методологічний напрямок у науці, завдання якого полягає в розробленні методів дослідження і конструювання об’єктів, які мають складну організацію, – систем різних типів і класів.

Разом з цим системний підхід виступає і як метод наукового дослідження. При цьому системний підхід не існує у вигляді строгої методологічної концепції. Швидше за все це свого роду сукупність пізнавальних правил, дотримання яких дозволяє певним чином зорієнтувати конкретні дослідження. Сутність системного підходу полягає в поданні об’єкта дослідження як системи, тобто цілісної сукупності взаємопов’язаних елементів.

Основними **принципами системного підходу** є:

- **принцип цілісності** – зобов’язує розглядати систему як цілісний об’єкт, якості якого не зводяться до властивостей окремих його елементів;

- **принцип всебічності** – вимагає враховувати всі внутрішні зв’язки і відносини системи, усі фактори, які впливають на її функціонування;

- **принцип системоутворюючих відносин** – вимагає визначення саме тих зв’язків між частинами (елементами) системи, які забезпечують її цілісність, існування і розвиток;

- **принцип субординації** – вимагає при дослідженні будувати ієрархію елементів і відносин за будь-якими чітко визначеними критеріями (мобільність, адекватність, керованість

тощо);

- *принцип динамічності* – згідно з цим принципом всі характеристики системи необхідно розглядати не як постійні, а як змінні аж до прямо протилежного значення порівняно з початковим;

- *принцип випереджаючого відображення* – передбачає наявність постійної актуальної проблематики, тобто вимагає не констатації поточного стану системи, а прогнозування її найімовірнішого стану в майбутньому.

На відміну від класичного, системний підхід базується на послідовному переході від загального до часткового, коли в основу розгляду покладено кінцеву мету, заради якої і створюється система.

Тема 2. Методи наукового дослідження

Кожна наука має певну сукупність методів проведення досліджень при вивченні власного предмета, яку можна класифікувати на такі групи:

- *методи накопичування фактів*, що мають відношення до об'єкта дослідження (спостереження, реєстрація, вимірювання);

- *методи описування фактів* або властивостей ідеалізованого об'єкта дослідження та факторів, що відображають ці властивості, а також явищ (процесів), що досліджуються, розвиток яких визначається цими факторами;

- *методи аналізу фактів, властивостей, факторів і явищ* за різними показниками і критеріями (оцінка, зіставлення, порівняння, класифікація, впровадження, систематизація);

- *методи обґрунтування* наукових висновків, серед яких мають бути такі методи: побудови (синтезу), доведення, оцінки достовірності;

- *методи вибору і обґрунтування* наукових рекомендацій, у т. ч. методи побудови (синтезу), оцінки й оптимізації;

- *методи інтерпретації та експериментальної перевірки* висновків і рекомендацій;

- *методи техніко-економічної оцінки* рекомендацій.

У процесі вирішення наукової проблеми вчений, як правило, самостійно шукає методи та способи її вирішення. Всі прийняті методичні рішення необхідно фіксувати у формі методик, які періодично переглядаються.

Методика дослідження – сукупність методів і прийомів правильного і цілеспрямованого вивчення явищ. При визначенні методики необхідно використовувати не тільки особистий досвід, але й досвід інших дослідників.

Обрану методикау потрібно удосконалювати на основі критичного аналізу попередніх робіт і результатів їх впровадження в практику. Оскільки метод не являє собою щось незалежне від задач, об'єкта і умов дослідження, методи диференціюють та індивідуалізують.

Тема 3. Методи обробки наукової інформації

3.1 Загальна характеристика інформації

У широкому розумінні *інформація* – це знання, відомості, дані, які отримуються та нагромаджуються в процесі розвитку науки та в практичній діяльності людей; у вузькому розумінні – це дані, які є об'єктом обробки, передачі та зберігання.

Наукова інформація – це сукупність будь-яких відомостей про стан і зміни параметрів об'єктів дослідження або відповідності їх нормативно-правовим актам; одне із загальних понять науки – це нові відомості про навколишній світ.

Залежно від ознак, які відображають властивості об'єктів, виділяють такі види інформації: *природничо-наукова; техніко-технологічна; економічна; соціально-політична.*

Основна роль інформації у дослідженнях полягає в тому, щоб виключити суб'єктивні судження про досліджуваний об'єкт.

При проведенні наукових досліджень інформація виконує такі функції:

- сприяє визначенню сучасних тенденцій у вирішенні даної наукової проблеми;

- дає змогу визначити актуальність, рівень розробленості даної наукової проблеми;

- надає матеріал для вибору аспектів і напрямів дослідження, його мети і завдань, а також теоретичних побудов;
- забезпечує достовірність висновків і результатів пошуків, зв'язок сформованої концепції із загальним розвитком теорії.

3.2 Види джерел інформації

Організація та здійснення досліджень значною мірою залежать від складу, змісту і характеру джерел, які для цього використовуються. Застосування комп'ютерних технологій у наукових дослідженнях не замінює документальні джерела інформації, а навпаки, посилює потребу в них.

Науковим документом, або документом науково-технічної інформації, називається носій, у якому в той чи інший спосіб зафіксовані наукові відомості (дані) або науково-технічна інформація, у яких повинно бути відмічено, ким, де і коли він був створений.

Документи науково-технічної інформації представлені такими основними групами: *друковані, машинописні (рукописні)*.

Друковані джерела інформації включають *навчальні матеріали; наукові матеріали; нормативні матеріали; статистичні матеріали; інші матеріали*.

Навчальні матеріали – це видання літератури з навчальних дисциплін (підручники, навчальні посібники, програмно-методичні матеріали), призначені для підготовки спеціалістів в окремих галузях.

Наукові матеріали видаються у вигляді монографій, узагальнюючих наукових праць, збірників статей, рефератів, тез, у яких висвітлюються різні наукові проблеми.

Наукові матеріали мають велику цінність з огляду на те, що науковець може ознайомитися з нетрадиційним трактуванням тих чи інших питань, критикою поглядів інших авторів, а також науковою новизною, характерною для науки на конкретному етапі її розвитку.

Нормативні матеріали видаються органами законодавчої та виконавчої влади різних рівнів у вигляді законів, наказів, інструкцій, положень (стандартів) тощо і містять основні норми й правила та є основою для здійснення будь-якої діяльності.

Статистичні матеріали - відомості про розвиток народного господарства, подані у вигляді таблиць, узагальнених у щорічних статистичних збірниках, що видаються Державним комітетом статистики України. Статистичні матеріали складаються з економічних, демографічних, соціальних та інших матеріалів.

Документальні джерела інформації дають змогу досліджувати об'єкти за певною періодизацією, тобто у динаміці за періодами. Це необхідно для вивчення і зіставлення факторів, які позитивно чи негативно впливають на господарську діяльність підприємств.

Група **інших матеріалів** представлена науково-популярними, рекламними, патентно-ліцензійними, довідковими, бібліографічними, виробничими матеріалами тощо.

До **рукописних документів** відносять носії інформації, які не пройшли редакційно-видавничу обробку і не виготовлені поліграфічним способом (дисертації, науково-технічні звіти, документи обліку господарської діяльності тощо).

У науковій діяльності застосовується поділ документальних джерел інформації на дві категорії: *первинні і вторинні*.

Первинні джерела інформації мають переважно нові науково-технічні відомості, які є результатом науково-дослідної, проектно-конструкторської і практичної діяльності (відображають господарські операції) або нове осмислення відомих ідей і фактів. До них відносять більшість книг (виняток становлять довідники), періодичні видання, науково-технічні звіти, дисертації, депоновані рукописи тощо.

Вторинні джерела інформації є результатом опрацювання одного або декількох первинних документальних джерел. До вторинних джерел інформації відносять бібліографічні описи, анотації, реферати, огляди, довідкові та інформаційні видання, переклади, бібліотечні покажчики та картотеки.

3.3 Пошук, порядок обробки та групування необхідної інформації

Наукові дослідження в будь-якій галузі науки повинні базуватися на надійній і достовірній інформації. Обов'язковою

вимогою до дослідника є всебічне та глибоке вивчення ним досвіду попередників, які займалися вирішенням як обраної, так і суміжних проблем.

На початковому етапі наукової роботи вивчення літературних джерел дозволяє обрати та конкретизувати тему дослідження, визначити його об'єкт, розробити теоретичні передумови майбутньої наукової роботи, допомагає визначити актуальність обраної теми дослідження. Інформаційна база дослідження відіграє важливу роль у створенні гіпотези, яка є відправною точкою у наукових дослідженнях.

Інформація відіграє визначальну роль у вивченні історії проблеми, що досліджується. Знання історії питання й методик дослідження, що використовувалася раніше, дозволяє уникнути дублювання виконаних робіт і повторення помилок, а також розглянути предмет у динаміці, простежити загальні тенденції та подальші шляхи його розвитку і на цій основі будувати науковий прогноз.

Для інформаційного пошуку необхідно використовувати інформаційні видання органів НТІ, автоматизовані інформаційно-пошукові системи, бази даних, банки даних, Internet.

Методика пошуку необхідної інформації складається з кількох етапів та передбачає пошук відповідей на чотири основні питання, які повинен ставити перед собою дослідник:

Етап 1 (Що шукати?) – виділення основних проблем, питань, завдань теми дослідження та ключових понять.

Етап 2 (Де шукати?) – визначення переліку джерел, в яких може висвітлюватися інформація щодо виділених проблемних питань.

Етап 3 (Як шукати?) – вибір прийомів, за допомогою яких здійснюватиметься робота з обраними літературними джерелами (опрацювання каталогів бібліотек, робота в мережі Internet, робота з інформаційною базою тощо).

Етап 4 (Як опрацюувати?) – одержання текстів (ксерокопіювання або ж читання) і їх безпосередня обробка.

Сучасні технології дозволяють здійснювати пошук інформації через мережу Internet за допомогою пошукових систем і в бібліотеках.

Мережа Internet є глобальною системою з'єднаних комп'ютерних мереж, складовими якої є електронна пошта та всесвітня мережа www (аббревіатура від World Wide Web – світове павутиння).

При здійсненні пошуку необхідної інформації в Internet є декілька методів. По-перше, слід скористатися каталогами Internet-ресурсів, що містять вже згруповану інформацію у вигляді посилань на Web-сервери.

Прикладами таких англomовних каталогів є www.yahoo.com, www.altavista.com, www.google.com, російських – www.rambler.ru, www.yandex.ru, українських – www.meta-ukraine.com.

Через Internet можна знайти книги, журнали, дисертації, автореферати та іншу потрібну для наукової роботи літературу. Корисність цього способу полягає у тому, що можна працювати з каталогами бібліотек без відриву від роботи. Перед відвіданням бібліотеки для роботи з літературою проводиться пошук джерел, який можна здійснювати як у систематичному, так і в алфавітному каталогах.

Тема 4. Методичний задум дослідження

4.1 Поняття наукової проблеми

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

Проблема у науці – це суперечлива ситуація, яка вимагає свого вирішення. Така ситуація найчастіше виникає в результаті відкриття нових фактів, які явно не вкладаються в межі колишніх теоретичних уявлень, тобто коли жодна з теорій не може пояснити щойно виявлені факти.

Рішення проблеми не міститься в існуючому знанні та не може бути отримане шляхом перетворення наявної наукової інформації.

Правильна постановка та чітке формулювання проблеми не менш важливе, ніж її вирішення. Вибір проблеми значною мірою визначає як стратегію дослідження взагалі, так і напрям наукового пошуку зокрема.

Залежно від способу вирішення всі проблеми можна поділити на три типи: *інформаційні, аналогові та гіпотетичні*.

Інформаційна проблема характерна для проблемного викладення. Ключ до вирішення інформаційної проблеми науковець знаходить у літературних джерелах.

Аналогова проблема (аналогічні способи вирішення) характерна для групи практичних проблем. Поставлена проблема даного виду не завжди потребує нового способу вирішення (навіть за умови існування нових фактів), а вирішується за аналогією.

Гіпотетичні проблеми вирішуються шляхом суджень та умовиводів у ході висування припущень, гіпотез, їх перевірки та обґрунтування.

Будь-яка наукова робота починається з **формулювання проблеми**, яку необхідно вирішити. Це завдання передбачає виконання цілого комплексу робіт і реалізується в декілька етапів:

- *визначення мети* (на основі вивчення планів науково-дослідних робіт; науково-дослідної тематики, передбаченої планами галузевих міністерств, відомств, академій наук; тем-завдань, замовлень на проведення досліджень; цільових комплексних, галузевих і регіональних науково-технічних програм тощо);

- *постановка проблеми* (на основі вивчення літературних джерел, ознайомлення з тими питаннями, які вже вирішені, ознайомлення з науковими роботами, які дають уявлення про галузь дослідження);

- *розроблення структури проблеми* (її конкретизація на основі уточнення мети дослідження; уточнення змісту проблеми; виділення підпроблем; визначення конкретних завдань; вибору методів дослідження);

- визначення актуальності проблеми.

У сформульованій проблемі вже міститься мета дослідження, яка в процесі дослідження може розвиватися, збагачуватися, але її сутність залишається тією ж, поки проблема не буде вирішена.

Одночасно з формулюванням проблеми визначається головний напрям дослідження, його основна ідея. Основна ідея є важливою категорією, що визначає, за яким напрямом буде будуватися дослідження проблеми і як буде сформульована *гіпотеза*, тобто наукове припущення, що висувається для пояснення явищ дійсності (процесів) або причин, які зумовлюють даний наслідок, і потребує перевірки досвідом і теоретичного обґрунтування.

Якщо гіпотеза узгоджується з науковими фактами, то в науці її називають теорією, або законом.

4.2 Поняття теми дослідження та її формулювання

Оскільки наукова проблема є сукупністю складних теоретичних або практичних питань, то в процесі наукового дослідження проблему поділяють на складові компоненти – теми.

Тема – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або декілька питань дослідження.

Тема – це не просто назва наукової роботи, а намічений результат дослідження, який спрямований на вирішення конкретного питання. Це відображення наукової проблеми в її характерних рисах, тому формулювання теми уточнює проблему, окреслює межі дослідження, конкретизує основний задум. Разом з цим тема є основною планово-обліковою одиницею при організації наукових досліджень.

За напрямками теми поділяють на **теоретичні, методологічні та організаційні**.

Теоретичні теми передбачають дослідження окремих концепцій теорії відповідної науки, які стосуються її наукових законів.

Методологічні теми стосуються елементів методів конкретних наук, що застосовуються у процесі вивчення їх об'єктів.

Організаційні теми включають організацію досліджень за конкретними науковими напрямками і застосування одержаних результатів у практичній діяльності.

Процес формування теми дослідження включає такі **етапи**:

- вибір теми;
- обґрунтування, уточнення теми;
- конкретизація теми;
- формулювання назви теми;
- затвердження теми.

При виборі теми наукового дослідження можна скористатися такими прийомами: дослідити стан наукових розробок; ознайомитись з новими результатами досліджень у суміжних галузях науки; оцінити стан розроблення методів дослідження; здійснити перегляд відомих наукових рішень за допомогою нових методів, з нових теоретичних позицій, під новим кутом зору, на більш високому рівні з урахуванням нових, істотних наукових фактів.

При обґрунтуванні (уточненні) і конкретизації теми необхідно враховувати такі критерії: актуальність теми; ефективність розроблення, її новизна і перспективність; наявність теоретичної бази; відповідність теми спрямованості наукової роботи відповідного закладу (установи); здійсненність розроблення в умовах конкретного дослідження.

Під **актуальністю теми** розуміється її значущість, тобто необхідність і невідкладність її розгляду для потреб розвитку економіки держави, галузі, підприємства.

Головним критерієм актуальності теми виступає можливість забезпечення найбільшого ефекту.

На стадії формування теми наукового дослідження визначають її назву – змістовний заголовок. Назву наукової роботи формулюють за допомогою такого правила: у назві теми наукової роботи повинна бути відображена спрямованість (проблема) дослідження (мета або укрупнене завдання), галузь використання, об'єкт дослідження, предмет дослідження.

4.3 Визначення предмета та об'єкта дослідження

У методології наукових досліджень розрізняють поняття «об'єкт» і «предмет» пізнання.

Об'єктом пізнання прийнято називати те, на що спрямована пізнавальна діяльність дослідника, процес або явище, яке породжує проблемну ситуацію, обрану для дослідження. Відповідно це та сукупність зв'язків, відносин і властивостей, яка існує об'єктивно в теорії та практиці та виступає джерелом необхідної для дослідника інформації.

Як об'єкт пізнання визначаються лише ті зв'язки, відносини, властивості реального об'єкта, які включені до процесу пізнання. Будь-який об'єкт дослідження – це певна сукупність властивостей і відносин, яка існує незалежно від дослідника, але ним відображається.

Предмет пізнання – досліджувані з певною метою властивості об'єкта.

Об'єкт і предмет пізнання – не одне й те саме, хоча нерідко їх неправомірно ототожнюють. Визначаючи об'єкт дослідження, необхідно відповісти на запитання: що розглядається? А предмет означає аспект розгляду, дає уявлення про те, як розглядається об'єкт саме в даному дослідженні, цим дослідником.

Співвідношення об'єкта і предмета дослідження можна коротко охарактеризувати так: об'єкт об'єктивний, а предмет суб'єктивний (до речі, предмет англійською – subject).

Науковець повинен чітко визначити предмет і об'єкт дослідження. З предмета дослідження випливають його мета і завдання.

4.4 Мета і завдання дослідження

Виходячи з назви наукової роботи, визначеного об'єкта та предмета, формулюється мета дослідження, що характеризує, яку найбільш важливу проблему або завдання має намір вирішити дослідник.

Мета дослідження – це очікуваний кінцевий результат, який зумовлює загальну спрямованість і логіку дослідження (теоретичного або прикладного).

Мета визначається відповіддю на запитання: «Для чого проводиться дослідження?». Чітке формулювання конкретної мети – одна з найважливіших методологічних вимог до програми наукового дослідження. Поставленої мети треба обов'язково досягти, на завершальному етапі досліджень необхідно перевірити, чи відповідають висновки поставленій меті. Мета формулюється лаконічно, вона повинна точно виражати те основне, що намагається зробити дослідник.

Мета конкретизується та розвивається у завданнях дослідження. Завдання дослідження визначають для того, щоб більш конкретно реалізувати його мету. Завдання наукового дослідження, як правило, полягають у такому:

- вирішення 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);

- виявлення, уточнення, поглиблення, методологічне обґрунтування суттєвості, природи, структури об'єкта, що вивчається; виявлення тенденцій і закономірностей процесів; аналіз реального стану предмета дослідження, динаміки, внутрішніх протиріч розвитку;

- виявлення шляхів і засобів удосконалення явища, процесу, що досліджується (практичні аспекти роботи); обґрунтування системи заходів, необхідних для вирішення прикладних завдань;

- експериментальна перевірка розроблених пропозицій щодо вирішення проблеми, підготовка методичних рекомендацій для їх використання на практиці.

Формулювання мети і визначення завдань наукового дослідження – один з найважливіших творчих етапів вирішення проблеми. Мета і завдання дослідження повинні бути чітко викладені, передбачати розроблення нових напрямів розвитку або удосконалення існуючої методології чи створення нових методик.

Тема 5. Структура та зміст етапів дослідницького процесу

5.1 Порядок здійснення наукового дослідження

Проведення наукового дослідження започатковується розробленням *програми*. Програма визначає проблему, мету, завдання дослідження, методи їх вирішення, а також основні шляхи і форми впровадження в практику очікуваних результатів.

Створення програми розпочинається з розроблення *концепції дослідження*, що визначає його загальний задум, основну ідею. Концептуальні положення фіксують у методологічному розділі програми.

Методологічний розділ включає:

- вибір теми дослідження;
- проблемну ситуацію, яка зумовлює необхідність проведення дослідження (чому проводиться);
- 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).

Наступний, *методико-процедурний, розділ* включає розроблення методології, методики і техніки дослідження як взаємопов'язаних компонентів.

Рівень достовірності основних результатів наукового дослідження значно підвищується, якщо вони базуються на експериментальних даних. Тому програма повинна включати *розділ експериментальних досліджень*. Наукова значущість експериментальних досліджень залежить від їхньої спрямованості, змісту, рівня використання різного роду характерних ознак і отримання конкретних результатів. Характерними ознаками можна вважати: спосіб формування умов (природні, штучні); мету експериментального дослідження (перетворювальна, констатуюча, контролююча, пошукова); форму проведення (лабораторна, польова); структуру об'єктів і явищ, що вивчаються (проста, складна); кількість варіантних факторів (однофакторні і багатфакторні).

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.

5.2 Етапи науково-дослідної роботи

Конкретний склад етапів програми, характер виконуваних у їх рамках робіт визначаються специфікою наукового дослідження.

Етап – логічно обґрунтований розділ наукового дослідження, що має самостійне значення і є об'єктом планування і фінансування.

Рекомендуються такі основні етапи науково-дослідної роботи (НДР):

- 1) розроблення технічного завдання на НДР;
- 2) вибір напрямку дослідження;
- 3) проведення теоретичних і експериментальних досліджень;
- 4) узагальнення і оцінка результатів досліджень.

Основні вимоги до науково-дослідної роботи (НДР), що проводяться, встановлюються в *технічному завданні*, у якому зазначаються мета і завдання дослідження; основні етапи НДР; терміни початку і закінчення НДР; кінцевий результат дослідження; порядок приймання роботи; техніко-економічне обґрунтування доцільності виконання НДР.

У дослідницькому процесі, що передбачає експериментальну частину, етапність виконання НДР буде більш докладною.

Структурні компоненти дослідницького процесу в оптимальному варіанті наводяться таким чином.

Етап I. Загальне ознайомлення з проблемою дослідження, визначення її зовнішніх меж.

На цьому етапі встановлюється рівень її розробленості, перспективність. Дослідник повинен ясно усвідомлювати та мотивувати потреби суспільства в знаннях з даної проблеми.

Співвідношення теми і проблеми – важливе питання в методології. Тема дослідження не є частиною проблеми.

Існує методологічна закономірність формулювань тем дослідження і досить швидкої зміни одного або декількох проблемних аспектів дослідницької теми. Тема живе довго, а проблемні аспекти її змінюються і під впливом науково-технічного і соціального прогресу, і під впливом зміни [світоглядних](#) поглядів на природу досліджуваного явища.

Етап II. Формулювання цілей дослідження.

Цілі дослідження виступають досягненням якихось нових станів у будь-якій ланці дослідницького процесу або якісно новим станом - результат подолання суперечності між належним і сущим. Крім формулювання загальної мети формуються окремі, проміжні цілі.

Цілі дослідження повинні конкретно формулюватися і знаходити своє вираження в описі того прогнозуючого стану, у якому бажано бачити об'єкт дослідження [відповідно](#) з соціальним замовленням.

Етап III. Розроблення гіпотези дослідження.

Оскільки йдеться про побудову гіпотези як теоретичної конструкції, істинність якої повинна бути доведена експериментально або масовим, організованим, контрольованим досвідом, вона вже в якості проекту повинна виконувати [відповідні](#) функції в межах предмета дослідження - описову, пояснювальну, прогностичну.

Задовольняючи ці вимоги, гіпотеза описує структурну композицію предмета дослідження як прояву якості єдності цілого. Тим самим у руки дослідника даються засоби і [методи управління процесом](#) експериментального перетворення дійсності, гіпотеза прогнозує кінцеві результати перетворення і довготривалість їх існування.

Етап IV. Постановка завдань дослідження. Констатуючий експеримент.

Гіпотетично представлені внутрішні механізми функціонування досліджуваного явища, імовірно описані істотні його характеристики співвідносяться з цілями дослідження. Це співвіднесення дозволяє перейти до формулювання завдань дослідження.

У процесі формулювання дослідницьких завдань, як правило, виникає необхідність у проведенні констатуючого експерименту для встановлення фактичного вихідного стану. Проведення констатуючого експерименту дозволяє довести розроблення дослідних завдань до високого ступеня визначеності та конкретності.

Завдання констатуючого експерименту полягає в об'єктивному дослідженні і встановленні наявних істотних кількісних і якісних характеристик, у встановленні законів функціонування процесу в початковому стані, у причинному поясненні цього стану. Саме такого роду знання є відправною підставою для формулювання цілей і завдань дослідження.

Етап V. Вид перетворюючого експерименту та його організація.

Програма експериментальної роботи, методика експерименту та техніка реєстрації поточних подій експериментального процесу здійснюються прямими і непрямими спостереженнями, проведенням бесід, анкетуванням, вивченням різної документації і матеріальних свідчень.

Основні якості досліджуваних методик, яких слід домагатися при плануванні експерименту, полягають у тому, щоб забезпечити за їх допомогою репрезентативність, валідність експерименту, його достатню роздільну здатність для поділу фактичного матеріалу за типовими групами або розрізнення ступенів інтенсивності вивчення якості, функціонування процесу.

Етап VI. Організація та проведення експерименту.

Організація і проведення експерименту починається з випробувальної перевірки експериментальної документації: дослідницьких методик, анкет, програм бесід, таблиць або матриць для реєстрації та накопичення даних. Призначення такої перевірки - внести уточнення, зміни в документацію, відсікти надмірності по збору фактичних даних, які згодом відволікатимуть увагу від центральних питань проблеми.

У процесі експерименту дослідник зобов'язаний:

- 1) безперервно підтримувати умови, що забезпечують незмінність темпу і ритму протікання експерименту, схожість і відмінність експериментальних і контрольних груп;

2) варіювати і дозувати керовані умови та інтенсивність факторів, що впливає на кінцеві результати, що підлягають зіставленню;

3) систематично оцінювати, вимірювати, класифікувати і реєструвати частоту і інтенсивність поточних подій експериментального процесу;

4) паралельно експерименту вести систематичну первинну обробку фактичного матеріалу для того, щоб зберегти його свіжість і достовірність деталей.

Етап VII. Узагальнення та синтез експериментних даних.

На даному етапі починається відтворення цілісного уявлення про досліджуваний об'єкт, але вже з точки зору сутнісних відносин і на цій основі експериментально перетвореного.

Накопичений достатній фактичний матеріал, частково вже систематизований у процесі експерименту, переходить у внутрішню лабораторію вченого, у якій логічні і формалізовані методи дослідження експериментального матеріалу набувають першорядного значення.

Фактичний матеріал піддається кваліфікації за різними підставами, формуються статистичні послідовності, полігони розподілу, виявляються тенденції розвитку стабільності, стрибків у формуванні якостей об'єкта експериментального впливу і дослідження. Індуктивні і дедуктивні узагальнення фактичного матеріалу будуються відповідно до вимог репрезентативності, валідності та релевантності.

Тема 6. Збір науково-технічної інформації

6.1 Методи обробки наукової інформації

Згідно з обраною темою наукової роботи дослідник самостійно підбирає літературні джерела (книги, брошури, статті), офіційні документи, накопичує відомчі матеріали з теми та опрацьовує їх.

Робота з друкованими та електронними джерелами інформації передбачає загальне ознайомлення (ознайомлення зі

змістом і швидкий перегляд джерела); уважне читання по розділах (виділення найважливішого тексту); вибіркоче читання тексту (перечитування найважливішого); виписування з прочитаного (повніше та чіткіше – цитата і бібліографічний опис із зазначенням тих сторінок, звідки взята цитата); зіставлення та критична оцінка прочитаного (запис зауважень).

При роботі із друкованими та електронними джерелами інформації дослідник робить виписки окремих речень або абзаців. При цьому необхідно уникати накопичення матеріалу, що не стосується обраної теми та об'єкта дослідження.

Досвід свідчить, що приблизно 30-40 % літературних джерел, початково відібраних за їх назвою, виявляються некорисними при роботі над темою.

У процесі роботи над джерелами з'являються власні висновки, оцінки, узагальнення, передбачення у використанні інформації. Виписки можна здійснювати рукописним способом, однак у сучасних умовах набагато краще та зручніше використовувати для роботи над текстом персональний комп'ютер і спеціальне програмне забезпечення - текстові редактори, наприклад Microsoft Word.

Незалежно від того, на якому носії (електронному чи паперовому) зафіксована інформація із літературного джерела, вона повинна бути згрупована за однорідними ознаками для використання в процесі дослідження. Такою ознакою здебільшого є питання, які містяться у плані теми дослідження.

У ході дослідження дослідник опрацьовує велику кількість літературних джерел, інформацію з яких неможливо запам'ятати чи виписати в повному обсязі, тому необхідно при її обробці використовувати такі способи фіксації інформації: анотація; резюме; тези; реферат; цитата; конспект; покажчики.

Анотація є стислою характеристикою книги, статті, рукопису тощо. За своїм характером анотації можуть бути довідковими та рекомендаційними, тобто такими, які містять критичну оцінку твору. Виходячи з вимог до анотації її обсяг може бути від декількох слів до 10-15 рядків.

Резюме – це короткий підсумок прочитаного твору, у якому містяться висновки та головні підсумки.

Тези – положення, які коротко викладають одну з основних думок лекції, доповіді тощо. Тези подаються у формі логічних суджень. Тези поділяють на основні, прості та складні. Прості тези записують при першому ознайомленні з текстом (іноді їх записують у вигляді цитат). Основні тези часто створюються на основі простих, шляхом їх узагальнення, переробки й виключення окремих положень.

Цитата – дослівний уривок з твору певного автора, що наводиться для підтвердження або заперечення висловлюваної думки. Шляхом цитування слід оформлювати найважливіші фрагменти авторського тексту.

Реферат – це скорочене викладення змісту наукового твору з основними даними та висновками. Реферат – це не механічний переказ роботи, а викладення її суті.

6.2 Проведення теоретичних досліджень

Теоретичний рівень наукового дослідження пов'язаний з глибоким аналізом наукових фактів, з проникненням у сутність явищ, що досліджуються, з пізнанням і формулюванням законів науки, тобто з поясненням предметів і процесів реальної дійсності. Результати теоретичного дослідження знаходять своє вираження в таких формах, як закон, теорія, наукова гіпотеза.

Закон – внутрішній суттєвий і стійкий зв'язок явищ, що обумовлює їх впорядковану зміну.

Теорія – система узагальненого достовірного знання про той чи інший «фрагмент» дійсності, яка описує, пояснює та передбачає функціонування визначеної сукупності об'єктів, що його складають.

Гіпотеза – система умовиводів, за допомогою яких на основі ряду фактів робиться висновок про існування об'єкта, зв'язки або причини явища, причому цей висновок не можна вважати абсолютно достовірним.

На основі емпіричних даних на теоретичному рівні дослідження відбувається об'єднання за допомогою думки об'єктів, що досліджуються, осягнення їх сутності, законів їх існування, які становлять основний зміст теорій. Таким чином на теоретичному рівні дослідження за допомогою специфічних

методів вирішуються свої пізнавальні завдання. По-перше, дослідник пізнає сутність об'єктів, що вивчаються; по-друге, на теоретичному рівні відбувається осягнення об'єктивної істини у всій її конкретності та повноті змісту. На основі теоретичного пояснення та пізнаних законів відбувається наукове передбачення майбутнього.

Отже, *метою теоретичних досліджень* є виявлення істотних зв'язків між об'єктом, що досліджується, і навколишнім середовищем, пояснення та узагальнення результатів емпіричного дослідження, виявлення загальних закономірностей і їх формалізація.

Теоретичне дослідження завершується формуванням *теорії* – системи наукових достовірних знань у формі тверджень і доведень, яка не обов'язково пов'язана з побудовою її математичного апарату.

Теоретичне дослідження включає такі процедури:

- аналіз сутності процесів, явищ;
- формулювання гіпотези дослідження;
- побудову (розроблення) фізичної моделі;
- проведення математичного дослідження;
- аналіз теоретичних рішень;
- формулювання висновків.

Якщо не можна виконати математичне дослідження, то робоча гіпотеза формулюється в словесній формі із залученням графіків, таблиць тощо.

Теоретичні дослідження відіграють велику роль у процесі пізнання об'єктивної дійсності, оскільки вони дозволяють глибоко проникнути у сутність природних явищ, створюють наукову картину світу, що постійно розвивається. Теоретичні дослідження є функцією мислення, яка полягає в тому, щоб відкривати, перевіряти, частково освоювати різні області природи, створювати та розвивати світобачення.

6.3 Методи теоретичних досліджень

До основних загальнонаукових методів, які використовуються на теоретичному рівні дослідження, можуть

бути віднесені такі методи: *аналіз та синтез, індукція і дедукція, сходження від абстрактного до конкретного, ідеалізація та формалізація, системний підхід.*

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

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

Цей закон потребує, щоб у повідомленні всі поняття і судження мали однозначний характер, виключали багатозначність і невизначеність.

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

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

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

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

Спеціальними принципами побудови теорій слугують також *принципи формування аксіоматичних теорій* (тобто теорій, які побудовані на деякій множині тверджень, що приймаються без

доведень, – аксіом, а всі інші знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил), що базуються на критеріях несуперечності, повноти та незалежності систем аксіом і гіпотез.

Тема 7. Моделювання фізичних об'єктів і процесів

Натурний експеримент, тобто дослідження властивостей і поведінки об'єкта керування, в певних умовах використовуючи сам об'єкт, є важливою складовою у сферах проектування та управління. Однак у багатьох випадках натурний експеримент є неможливим або недоцільним. Наприклад, експерименти на об'єкті керування при управлінні технологічними процесами у режимі реального часу, проектуванні складних систем і пристроїв можуть бути економічно недоцільними або неможливими через неготовність самого об'єкта.

Моделювання – це метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього ([моделлю](#)).

Тобто моделювання – це процес створення та дослідження [моделі](#), а **модель** – це об'єкт-замінник, створений з метою відтворення при певних умовах суттєвих властивостей об'єкта-оригіналу. Модель може бути представлена фізичним об'єктом, подібним до оригіналу, або описом об'єкта у вигляді математичних формул, тексту, комп'ютерної програми.

Метою моделювання є здобуття, обробка, подання і використання інформації про об'єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем; а модель тут виступає як засіб пізнання властивостей і закономірностей поведінки об'єкта. Основним призначенням моделі в задачах управління є прогноз реакції об'єкта на керуючі впливи. Крім того, моделі використовуються для дослідження об'єкта, аналізу його чутливості.

Основні властивості моделей: цілеспрямованість; скінченність; спрощеність; повнота; адекватність.

Цілеспрямованість моделі полягає в тому, що вона завжди будується з певною метою. Ця мета має вплив на те, які властивості об'єктивного явища вважаються істотними, а які – ні.

Скінченність моделі визначає те, що модель відтворює лише скінченну кількість властивостей і відношень, і через це модель завжди є більш простою, ніж оригінал.

Повнота моделі полягає в тому, що вона має відображати всі істотні з точки зору мети моделювання властивості оригіналу.

Необхідною умовою для переходу від дослідження об'єкта до дослідження моделі і подальшого перенесення результатів на об'єкт дослідження – вимога адекватності моделі і об'єкта.

Адекватність – це відтворення моделлю з необхідною повнотою всіх властивостей об'єкта, важливих для цілей даного дослідження. Це, мабуть, найголовніша властивість моделі, яка визначає можливість її використання. Оскільки будь-яка модель простіша за оригінал, ніколи не може говорити про абсолютну адекватність, при якій модель за всіма характеристиками відповідає оригіналу.

Методи моделювання широко використовуються в різних сферах людської діяльності, особливо у сферах проектування і управління, де основними є процеси ухвалення ефективних рішень на основі інформації, що отримується.

На підставі різних критеріїв класифікації, виділяють такі види моделей:

1 **Динамічні моделі**, які відтворюють поведінку нестационарних об'єктів, що змінюються у часі.

2 **Статичні моделі**, що описують стан об'єкта у деякий момент часу. Такі моделі розробляються для стаціонарних об'єктів, зміни яких у часі не є істотними відносно періоду розроблення та використання моделі.

3 **Детерміновані моделі**, використовувані для опису процесів, що не містять істотної випадковості. Наприклад, поведінку більшості технічних систем можна охарактеризувати за допомогою так званих фазових змінних – фізичних величин типу потоку і потенціалу.

4 **Стохастичні моделі**, використовувані для моделювання нестационарних імовірнісних процесів. Якщо об'єкт моделювання стаціонарний і піддається випадковим впливам, то модель називають статистичною. Наприклад, для моделювання функцій перетворення вимірювальних пристроїв досить скористатися детермінованим способом опису, тоді як для аналізу похибок,

оцінки інформаційних характеристик необхідно застосувати ймовірнісно-статистичні методи.

5 **Неперервні моделі**, що являють собою системи з неперервними процесами; а **дискретні моделі**, що відображають поведінку систем з дискретними станами. **Дискретно-неперервні моделі** використовуються, коли на об'єкті виділяються обидва типи процесів.

6 **Лінійні**, що застосовуються, якщо при описі моделі використовуються лише лінійні математичні конструкції (наприклад, лінійні алгебраїчні рівняння), в іншому випадку **нелінійні**.

7 **Моделі з розподіленими параметрами**, що описують просторове поширення явищ; **моделі з зосередженими параметрами**, що нехтують просторовою складовою. **Динамічні неперервні детерміновані моделі з розподіленими параметрами** використовують апарат диференціальних рівнянь у частинних похідних, а з **зосередженими параметрами** – звичайних диференціальних рівнянь.

8 **Аналітичні моделі**, для яких властивим є те, що процеси функціонування об'єкта подаються у вигляді аналітичних математичних залежностей: алгебраїчних, диференціальних, інтегральних рівнянь або їх систем, логічних умов.

9 **Імітаційне моделювання** передбачає подання моделі у вигляді алгоритму та комп'ютерної програми, яка дозволяє відтворити поведінку об'єкту. **Імітаційні моделі** розглядаються як експерименти, що проводяться на комп'ютерах, з математичними моделями, що імітують поведінку реальних об'єктів. При цьому імітуються елементарні явища, що складають процес, зі збереженням їх логічної структури та послідовності у часі, що дозволяє отримати відомості про стан системи у певний момент часу та оцінити характеристики системи. Імітаційні моделі дозволяють вирішувати більш складні задачі, ніж аналітичні. Наприклад, вони дозволяють досить легко враховувати вплив випадкових факторів.

10 Традиційно під моделюванням на ЕОМ розумілося лише імітаційне моделювання. Але завдяки розвитку графічного інтерфейсу та графічних пакетів значного поширення набуло **комп'ютерне структурно-функціональне моделювання**, а

також розпочалося використання комп'ютера з метою концептуального моделювання, наприклад для побудови систем штучного інтелекту.

Під *комп'ютерною моделлю* найчастіше розуміють:

- умовний образ об'єкта чи деякої системи об'єктів (або процесів), описаних за допомогою взаємозалежних комп'ютерних таблиць, схем, діаграм, графіків, рисунків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів і т. ін., що відображають структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта чи системи. Комп'ютерні моделі такого типу називають структурно-функціональними;

- окрему програму, сукупність програм чи програмний комплекс, що дає змогу виконанням послідовності обчислень з подальшим графічним відображенням їх результатів відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта (системи об'єктів), що функціонує під впливом різних, як правило, випадкових, факторів (імітаційна модель).

Інколи застосовується *комбіноване (аналітико-імітаційне) моделювання*, яке полягає в тому, що об'єкт декомпонується на окремі підсистеми. Для тих підсистем, для яких це можливе, використовуються аналітичні моделі, а для інших розробляються імітаційні моделі.

Характерною рисою розглядуваного методу моделювання є можливість відтворення моделлю відповідно до завдань дослідження тих чи інших істотних властивостей, структур досліджуваного об'єкта, взаємозв'язків і відносин між його елементами. У процесі пізнання модель іде слідом за об'єктом, будучи певною його копією, а у відтворенні, конструюванні, навпаки, об'єкт йде слідом за моделлю, копіюючи її.

Модель фіксує існуючий рівень пізнання про досліджуваний об'єкт. До моделювання звертаються тоді, коли досліджувати реальний об'єкт з усією сукупністю його властивостей недоцільно, незручно або неможливо.

Метод моделювання володіє загальністю, оскільки змоделювати можна будь-який об'єкт: така можливість рівнозначна визнанню принципової їх пізнаваності.

Перевірка достовірності моделювання – процес визначення того, що модель або виконувана імітація точно відтворює детальний концептуальний опис, прийнятий розроблювачем. Перевірка достовірності також оцінює ступінь відповідності моделі або імітації змісту і проводиться з використанням прийнятих методів технології програмування.

Тема 8. Математичне моделювання

8.1 Класифікація та етапи математичного моделювання

Моделювання – одна з основних категорій теорії пізнання. На ідеї моделювання, по суті, базується будь-який метод наукового дослідження. Основні види моделювання – фізичне і математичне.

Фізичне моделювання – моделювання, при якому модель і об'єкт, що моделюється, мають одну і ту саму фізичну природу.

Математичне моделювання – моделювання, при якому модель являє собою систему математичних співвідношень, що описують певні технологічні, економічні чи інші процеси. Найчастіше застосовуються два способи математичного моделювання:

- ***аналітичний***, що передбачає можливість точного математичного опису строго детермінованих систем;
- ***імовірнісний***, що дозволяє отримати не однозначне рішення, а його імовірнісну характеристику (наприклад яких-небудь параметрів технологічного процесу).

Математичне моделювання широко застосовується для опису технологічних процесів, наприклад таких об'єктів, як транспортна система.

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

Математичне формулювання завдання, як правило, подається у вигляді чисел, геометричних образів, функцій, систем рівнянь тощо.

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

Формальна класифікація моделей ґрунтується на математичних засобах, що використовуються для розв'язання поставлених задач. Розрізняють моделі:

- лінійні або нелінійні;
- зосереджені або розподілені системи;
- детерміновані або стохастичні;
- статичні або динамічні;
- дискретні або безперервні.

Існує ще декілька підходів. Разом з тим кожна побудована модель є лінійною або нелінійною, детермінованою або стохастичною. Природно, що можливі і змішані типи: в одному розумінні зосереджені (за частиною параметрів), в іншому – розподілені моделі і так далі.

Поряд з формальною класифікацією моделі розрізняються за способом подання об'єкта: структурні або функціональні моделі.

Структурні моделі подають об'єкт як систему зі своїм пристроєм і механізмом функціонування. **Функціональні моделі** не використовують таких подань і відображають поведінку (функціонування) об'єкта, що сприймається тільки зовні.

Першим етапом математичного моделювання є постановка завдання, визначення об'єкта та цілей дослідження, визначення критеріїв (ознак) вивчення об'єктів та управління ними.

Наступним етапом моделювання є вибір типу математичної моделі. Звичайно послідовно будується кілька моделей. Порівняння результатів їх дослідження з реальністю дозволяє встановити найкращу з них.

Процес вибору математичної моделі об'єкта закінчується **етапом її попереднього контролю**. При цьому здійснюються такі види контролю: розмірностей; порядків; характеру залежностей; екстремальних ситуацій; граничних умов; математичної замкненості; фізичного сенсу; стійкості моделі.

Після математичного формулювання завдання (розроблення математичної моделі) здійснюють *етап вибору методу дослідження одержаної математичної моделі*.

Вибір методу дослідження математичної моделі безпосередньо пов'язаний з такими поняттями, як зовнішня та внутрішня правдоподібність.

Під *зовнішньою правдоподібністю* дослідження математичної моделі розуміється очікуваний ступінь адекватності математичної моделі реальному об'єкту відносно якостей, які цікавлять дослідника.

Під *внутрішньою правдоподібністю* дослідження математичної моделі розуміється очікуваний ступінь точності розв'язання одержаних рівнянь, які прийняті за математичну модель, об'єкт.

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

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

Найважливіші математичні моделі звичайно мають важливу властивість *універсальності*: принципово різні реальні явища можуть описуватися однією і тією самою математичною моделлю. Таким чином, вивчаючи одну математичну модель, ми вивчаємо відразу цілий клас описуваних нею явищ.

8.2 Задачі математичного моделювання

Існує безліч завдань, пов'язаних з математичним моделюванням. Традиційно виділяють два основні класи задач: прямі та зворотні.

Пряма задача: структура моделі і всі її параметри вважаються відомими, головне завдання – провести дослідження моделі для отримання корисного знання про об'єкт.

Наприклад. Яке статичне навантаження витримає міст? Як він буде реагувати на динамічне навантаження (наприклад, на марширування роти солдатів або на проходження поїзда на різній швидкості), як літак подолає звуковий бар'єр, - ось типові приклади прямого завдання. Постановка правильної прямої задачі (задавання правильного питання) вимагає спеціальної майстерності.

Зворотне завдання: відома безліч можливих моделей, треба вибрати конкретну модель на підставі додаткових даних про об'єкт. Найчастіше структура моделі відома і необхідно визначити деякі невідомі параметри. Додаткова інформація може полягати в додаткових емпіричних даних або у вимогах до об'єкта (задача проектування). Додаткові дані можуть надходити незалежно від процесу розв'язання зворотної задачі (пасивне спостереження) або бути результатом спеціально запланованого в ході вирішення експерименту (активне спостереження).

Як приклад можна привести [математичну статистику](#). Завдання цієї науки – розроблення методів реєстрації, опису та аналізу даних спостережень і експериментів з метою побудови ймовірнісних моделей масових випадкових явищ. Тобто безліч можливих моделей обмежено імовірнісними моделями.

Для підтримки математичного моделювання розроблено системи комп'ютерної математики, наприклад [Maple](#), [Mathematica](#), [Mathcad](#), [MATLAB](#), [VisSim](#) та інші. Вони дозволяють створювати формальні та блокові моделі як простих, так і складних процесів і пристроїв і легко змінювати параметри моделей у ході моделювання. Блокові моделі представлені блоками (найчастіше графічними), набір і з'єднання яких задаються діаграмою моделі.

Тема 9. Методологія експериментальних досліджень

9.1 Сутність, мета, функції наукового експерименту

Найбільш важливою складовою частиною наукового дослідження є *експеримент* – метод емпіричного дослідження, що базується на активному та цілеспрямованому втручанні суб'єкта у процес наукового пізнання явищ і предметів реальної дійсності шляхом створення умов, що контролюються та управляються, які дозволяють встановлювати визначені якості та закономірні зв'язки в об'єкті, що досліджується, і багатократно їх відтворювати.

Експеримент широко застосовують не лише в природничих науках, а й у соціальній практиці, де він відіграє значну роль у пізнанні та управлінні суспільними процесами.

Від звичайного, щоденного, пасивного спостереження експеримент відрізняється активним впливом дослідника на явище, що вивчається.

Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, підтвердження наукових гіпотез і на цій основі більш широке та поглиблене вивчення теми наукового дослідження.

Проведення експериментальних досліджень передбачає здійснення ряду *пізнавальних операцій*:

- визначення цілей експерименту на основі існуючих теоретичних концепцій з урахуванням потреб практики та розвитку самої науки;
- теоретичне обґрунтування умов експерименту;
- розроблення основних принципів, створення технічних засобів для проведення експерименту;
- спостереження, вимірювання та фіксація виявлених у ході експерименту властивостей, зв'язків, тенденцій розвитку досліджуваного об'єкта;
- статистична обробка результатів експерименту;
- попередня класифікація та порівняння статистичних даних.

Які переваги має експеримент порівняно зі спостереженням та іншими методами емпіричного рівня наукового пізнання?

Експеримент дає можливість досліджувати, по-перше, об'єкти в так званому чистому вигляді; по-друге, в екстремальних умовах, що сприяє більш глибокому проникненню в їхню сутність; по-третє, важливою перевагою експерименту є його повторюваність.

9.2 Класифікація експериментів

1 За призначенням об'єкта експерименту: природничо-наукові (хімічні, біологічні, фізичні), 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 і 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 і явищ, що вивчаються в експерименті: прості та складні.

Простий експеримент використовується для вивчення простих об'єктів, які мають у своєму складі невелику кількість взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів, що виконують прості функції.

У *складному експерименті* вивчаються явища або об'єкти з розгалуженою структурою та великою кількістю взаємопов'язаних і 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 у кількісному та якісному відношеннях.

6 За організацією проведення експерименту: лабораторні, натурні, польові, виробничі, відкриті або закриті тощо.

Лабораторні дослідження проводяться з використанням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, обладнання тощо.

Натурний експеримент проводиться в природних умовах і 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, у 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.

Пасивний експеримент передбачає вимірювання тільки вибраних показників (параметрів, змінних) у результаті спостереження за об'єктом без втручання в його функціонування.

Активний експеримент пов'язаний з вибором спеціальних входних сигналів (факторів) і контролює вхід і вихід системи, що досліджується.

10 За кількістю факторів, що варіюються в експерименті: однофакторні та багатфакторні.

Однофакторний експеримент передбачає виділення необхідних факторів; стабілізацію факторів, що заважають; по чергове варіювання факторів, що цікавлять дослідника.

Стратегія *багатфакторного експерименту* полягає в тому, що варіюються всі змінні відразу, і кожний ефект оцінюється за результатами всіх дослідів, що були проведені в даній серії досліджень.

11 За метою дослідження: перетворюючі, констатуючі, контролюючі, пошукові, вирішальні.

Перетворюючий (творчий) експеримент включає активну зміну структури та функцій об'єкта дослідження відповідно до висунутої гіпотези, формування нових зв'язків і 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.

Іноді виникає необхідність провести **пошукові експериментальні дослідження**. Вони необхідні в тому випадку, якщо виникають труднощі в класифікації всіх факторів, що впливають на явище, яке вивчається внаслідок відсутності достатньої кількості попередніх даних.

Вирішальний експеримент ставиться для перевірки справедливості основних положень фундаментальних теорій у тому випадку, коли дві або декілька гіпотез однаково узгоджуються з багатьма явищами. Така узгодженість призводить до труднощів у визначеності правильності гіпотез. Вирішальний експеримент відповідає на питання «так чи ні?».

9.3 Методологія експериментальних досліджень

Методологія експерименту - це загальна структура (методика) експерименту, тобто постановка та послідовність виконання експериментальних досліджень.

Експеримент включає такі **основні етапи**:

- 1) розроблення плану – програми експерименту;
- 2) оцінка вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту;
- 3) проведення експерименту;
- 4) обробка та аналіз експериментальних даних.

Наведена кількість етапів характерна для традиційного експерименту. Разом з цим останнім часом широко використовують математичну теорію експерименту, яка дозволяє значно підвищити точність і зменшити обсяг експериментальних досліджень.

У цьому випадку експеримент включає такі етапи: розроблення плану – програми експерименту; оцінка вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту; математичне планування експерименту з одночасним проведенням експериментального дослідження, обробкою та аналізом одержаних даних.

Зупинимось детальніше на окремих етапах експериментального дослідження.

Розроблення плану-програми експерименту. План-програма включає найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, план створення експериментальної ситуації, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців експерименту, календарний план робіт і кошторис витрат на виконання експерименту. У ряді випадків до плану-програми включають роботи з конструювання та виготовлення приладів, апаратів, пристроїв, їх методичне обстеження, а також програми дослідних робіт на підприємствах.

Одним з найбільш важливих етапів складання плану-програми є визначення **мети і завдань експерименту**. Чітко обґрунтовані завдання – це вагомий внесок у їх вирішення. Кількість завдань повинне бути невеликим. Для конкретного (некомплексного) експерименту оптимальна кількість завдань 3 - 4. У великому комплексному експерименті їх може бути 8 -10.

Основа плану-програми – **методика проведення експерименту**. У методиці детально проектують процес проведення експерименту. Спочатку складають послідовність (черговість) проведення операцій вимірювань і спостережень.

Потім ретельно описують кожну операцію окремо з урахуванням вибраних засобів для проведення експерименту. Особливу увагу приділяють методам контролю якості операцій, які повинні забезпечувати при мінімальній (раніше встановленій) кількості вимірів високу надійність і задану точність. Розробляють форми журналів для запису результатів вимірів і спостережень.

Важливим розділом методики є вибір методів обробки та аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати

експериментів повинні бути зведені до таких форм запису – таблиць, графіків, формул, номограм, які дозволяють швидко та доброякісно співвідносити одержані результати.

Особливу увагу в методиці повинно бути приділено математичним методам обробки та аналізу одержаних дослідних даних – встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між варіюючими характеристиками, встановленню критеріїв тощо.

Після розроблення методики визначають *обсяг і трудомісткість експериментальних досліджень*, які залежать від глибини теоретичних розробок, ступеня точності прийнятих засобів вимірювання. Чим чіткіше сформульована теоретична частина дослідження, тим менший обсяг експерименту. На обсяг і трудомісткість експерименту істотно впливає і вид експерименту.

Після встановлення обсягу експериментальних робіт складають перелік необхідних засобів вимірювання, матеріалів, список виконавців, календарний план і кошторис витрат.

Не менш важливим є неодмінне розроблення в рамках плану-програми експериментального дослідження так званого плану створення експериментальної ситуації.

Експериментальна ситуація – це сукупність умов, за яких проводиться експеримент.

План створення експериментальної ситуації завжди пов'язаний не лише з завданнями, методикою, але і з конкретним об'єктом, на якому потрібно вирішувати поставлені завдання та реалізовувати саму методику.

На завершення плану-програму експериментального дослідження розглядає науковий керівник, обговорюють у науковому колективі та затверджують в установленому порядку.

Оцінка вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту. Обґрунтування засобів вимірювання – це вибір необхідних для спостережень і вимірювань приладів, обладнання, машин, апаратів тощо. Засоби вимірювання можуть бути вибрані стандартні або за їх відсутності виготовлені самостійно.

Дуже відповідальною частиною є встановлення точності вимірів і похибок. Методи вимірювання повинні базуватися на законах спеціальної науки – метрології.

Проведення експерименту. Проведення експерименту є найважливішим і трудомістким етапом. Експериментальні дослідження необхідно проводити відповідно до затвердженого плану-програми і особливо методики експерименту. Розпочинаючи експеримент, остаточно уточнюють методику його проведення, послідовність випробувань.

Обробка та аналіз експериментальних даних. Завершується експеримент переходом від емпіричного вивчення до обробки отриманих даних, логічних узагальнень, аналізу і теоретичної інтерпретації отриманого фактичного матеріалу.

Тема 10. Метод моделювання

Математичне моделювання можна розглядати як засіб вивчення реальної системи шляхом її заміни зручнішою для експериментального дослідження системою (моделлю), що зберігає істотні риси оригіналу. При моделюванні здійснюється апроксимація функції опису більш простою і зручною для практичного аналізу функцією – моделлю.

Математичні моделі, особливо ті, що використовують чисельні методи, потребують для свого створення значних інтелектуальних, фінансових і часових затрат. Тому рішення про створення нової моделі приймається лише в разі відсутності більш простих шляхів вирішення поставленої проблеми (наприклад модифікації однієї з існуючих моделей).

Дослідження об'єкта моделювання і складання його математичного опису полягають у встановленні зв'язків між характеристиками процесу, виявленні його граничних і початкових умов і формалізації процесу у вигляді системи математичних співвідношень.

Процес побудови будь-якої математичної моделі можна подати як послідовність етапів.

На етапі *дослідження об'єкта моделювання* потрібно виконати такі дії:

- аналіз взаємодії об'єкта з зовнішнім середовищем, виділення характеристик вхідних впливів і реакції об'єкта, класифікація їх на вимірні та невимірні, керуючі та перешкоди;

- проведення декомпозиції та дослідження внутрішньої структури об'єкта;
- дослідження порядку функціонування об'єкта, виявлення зв'язку між входом і виходом, формування множини станів об'єкта;
- збір і перевірка існуючих експериментальних даних про об'єкти-аналоги, проведення, за необхідності, додаткових експериментів;
- класифікація об'єкта моделювання на стаціонарний чи нестаціонарний, визначення міри впливу випадкових факторів на об'єкт і порядку нелінійності зв'язків між характеристиками об'єкта;
- аналітичний огляд літературних джерел, аналіз і порівняння побудованих раніше моделей подібних об'єктів;
- аналіз та узагальнення всього накопиченого матеріалу, розроблення загального плану створення математичної моделі.

У деяких випадках дослідження внутрішньої будови та порядку функціонування об'єкта моделювання неможливе або економічно недоцільне. Тому можливо розглядати об'єкт як “чорний ящик”, стосовно якого нам відомі лише його входи та виходи.

На підставі аналізу об'єкта моделювання формується змістовна постановка моделювання, у якій мають бути зазначені:

- а) мета моделювання;
- б) тип моделі;
- в) вимоги до адекватності моделі та якості розв'язання.

Тип моделі має відповідати результатам класифікації об'єкта моделювання, інакше модель навряд чи буде адекватною.

Весь накопичений у результаті дослідження матеріал, змістовна постановка задачі моделювання, додаткові вимоги до реалізації моделі оформлюються у вигляді технічного завдання на проектування та розроблення моделі.

Математична постановка задачі моделювання – це сукупність математичних співвідношень, які описують поведінку та характеристики об'єкта моделювання. Необхідно формалізувати змінні моделі та зв'язки між ними. Математичний опис моделі складається на основі законів фізики, хімії тощо, які характеризують динаміку і статику процесів у досліджуваному

об'єкті, і виражається мовою будь-яких розділів математики. Найбільшого поширення при побудові детермінованих моделей набули алгебраїчні рівняння та системи, звичайні диференціальні рівняння і диференціальні рівняння в частинних похідних, матрична алгебра, а при стохастичному моделюванні і методи теорії імовірності, математичної статистики і теорії випадкових процесів. Якщо апріорні відомості про об'єкт недостатні, вигляд математичних моделей уточнюється за допомогою методів багатовимірної статистики: регресійного, кореляційного, багатофакторного та інших аналізів, а також проведення пасивного або запланованого активного експериментів.

Поняття *коректності* задачі має важливе значення в процесі моделювання. Математична модель є *коректною*, якщо для неї отримано позитивний результат за всіма контрольними перевірками: розмірністю, порядком, характером залежностей, граничних умов, фізичного сенсу тощо.

Для математичної моделі обирається один з методів розв'язання, який дозволяє при заданих значеннях вхідних змінних отримати значення вихідних змінних. Вибір методу обґрунтовується на підставі властивостей моделі, даних про точність вимірювання значень змінних, вимог до точності та швидкості отримання розв'язку.

Необхідною умовою для переходу від дослідження об'єкта до дослідження моделі і подальшого перенесення результатів на об'єкт моделювання є вимога адекватності моделі об'єкта. *Адекватність* – це відтворення моделлю з необхідною повнотою всіх властивостей об'єкта, важливих для цілей даного дослідження. Як правило, адекватність моделі визначається на підставі статистичних оцінок розбіжностей значень вихідних змінних моделі та об'єкта при однакових значеннях вхідних змінних, розрахованих за результатами серії експериментів на об'єкті моделювання. Для перевірки адекватності моделі використовуються дані іншої серії експериментів, ніж для параметричної ідентифікації. Відмінність значень виходу моделі та об'єкта може бути обумовлена такими причинами:

- спрощеність моделі;
- похибка чисельних методів;
- похибка вимірювальних пристроїв;

- обчислювальна похибка, пов'язана з переходом між десятковою і двійковою системами числення та особливостями комп'ютерних обчислень.

Після успішної перевірки адекватності модель може бути застосована в задачах прогнозу та дослідження об'єкта.

Метод математичного моделювання дозволяє виключити необхідність виготовлення громіздких фізичних моделей, пов'язаних з матеріальними витратами; скорочувати час визначення характеристик (особливо при розрахунку математичних моделей на комп'ютері і застосуванні ефективних обчислювальних методів і алгоритмів); вивчати поведінку об'єкта моделювання при різних значеннях параметрів; аналізувати можливість застосування різних елементів; отримувати характеристики і показники, які складно отримувати експериментально (кореляційні, частотні, параметричної чутливості).

Тема 11. Аналітичні методи дослідження

11.1 Особливості аналітичного динамічного моделювання

Дана методика застосовується для створення моделей об'єктів, що змінюються в часі (нестационарних об'єктів). Специфіка динамічного моделювання полягає в особливій побудові концептуальної моделі (гіпотези про механізм процесів) і формалізації залежностей математичної постановки.

Концептуальна модель ґрунтується на розгляді об'єкта на кількох рівнях декомпозиції. Як правило, виділяють явища на макро- і мікрорівні об'єкта. На макрорівні процеси розглядаються узагальнено, «великими мазками». Наприклад рух потоків маси і енергії, надходження грошових коштів і т. ін. На мікрорівні ці процеси розглядаються більш детально.

На кожному рівні декомпозиції виділяють явища і зв'язки між ними. При динамічному моделюванні під явищем будемо розуміти зміну деякої величини. У концептуальній моделі описується зміна кожного явища. Зв'язки між явищами

поділяються на взаємозв'язки явищ одного рівня декомпозиції і зв'язки між явищами різних рівнів декомпозиції.

Для спрощення явищ об'єкта з метою їх формального опису приймається ряд припущень. Припущення стосуються особливостей протікання фізичних, економічних, хімічних та інших типів процесів на об'єкті моделювання. Припущення є однією з основних частин концептуальної моделі і обов'язково підлягають узгодженню з замовником, тому що безпосередньо впливають на адекватність моделі.

Формалізація залежностей здійснюється на основі фізичних законів зміни описаних явищ. Кожному явищу зазвичай відповідає звичайне диференціальне рівняння першого порядку. Права частина рівняння описує складові частини цього явища. Якщо явище має стохастичний характер, у праву частину рівняння включаються відповідні характеристики випадкових процесів. Крім того, у правій частині можуть міститись параметри, що характеризують специфіку конкретного об'єкта моделювання.

У результаті формалізації буде отримана структура математичної моделі, придатна для класу однотипних об'єктів моделювання. Специфіку конкретного об'єкта моделювання визначають параметри моделі. Для практичного використання моделі необхідним є розроблення процедури її розв'язання та параметричної ідентифікації.

Для розв'язання динамічних моделей, як правило, використовують відповідні чисельні методи. Розв'язання моделі дозволяє отримати вихідні змінні у вигляді таблично - заданих функцій на заданому інтервалі часу.

Задача ідентифікація полягає в мінімізації відхилень між вихідними змінними моделі, які в загальному випадку є функціями $y_i(t, \bar{x}, \bar{\beta})$ від часу t , вхідних змінних \bar{x} і параметрів $\bar{\beta}$, значеннями відповідних вихідних змінних об'єкта $y_i(t, \bar{x}, \bar{\beta})$ шляхом підбору значень параметрів $\bar{\beta}$. Як правило, ця процедура не є тривіальною.

Розроблення процедури параметричної ідентифікації моделі включає:

- фізичну та формальну постановку задачі ідентифікації;
- вибір методу ідентифікації та його програмну реалізацію;

- проведення експерименту та розрахунок значень параметрів.

Фізична постановка задачі ідентифікації формулюється природною мовою і включає перелік параметрів, значення яких необхідно знайти, вимоги до значень, що співпадають, вихідних змінних моделі та об'єкта (у які моменти часу, точність), вимоги до швидкості процедури (якщо ідентифікація відбувається в контурі управління).

Формальна постановка задачі ідентифікації полягає в записі фізичної постановки у вигляді задачі оптимізації, головною складовою якої є критерій (функціонал) похибки $E(\bar{\beta})$.

Залежно від виду критерію $E(\bar{\beta})$ і вимог до швидкості процедури обирається аналітичний або чисельний метод параметричної ідентифікації. Ці методи спираються на методи оптимізації і, як правило, пов'язані з пошуком частинних похідних $\frac{\partial E}{\partial \beta_i}$. Коли аналітичний вигляд залежності $y_i(t, \bar{x}, \bar{\beta})$

невідомий, для розрахунку частинних похідних $\frac{\partial E}{\partial \beta_i}$ застосовуються формули чисельного диференціювання. За необхідності, на основі обраного методу параметричної ідентифікації розробляється комп'ютерна програма для автоматизації розрахунку параметрів.

Далі проводиться серія експериментів і на підставі отриманих даних, з використанням обраного методу ідентифікації, розраховуються значення параметрів моделі. Для знайдених значень параметрів за тими же експериментальними даними розраховуються оцінки адекватності моделі.

Вдало ідентифікована модель проходить перевірку адекватності на іншій серії експериментів.

Динамічні моделі використовуються для прогнозу поведінки та дослідження змін нестационарних об'єктів у часі. Для стаціонарних об'єктів розробляються статичні моделі.

11.2 Особливості аналітичного статичного моделювання

У випадку, коли на стадії аналізу вдалося встановити майже всі зв'язки між характеристиками об'єкта, це відображається в концептуальній моделі, по якій відбувається розроблення формальних залежностей моделі. Зазвичай статична модель подається у вигляді одного рівняння або системи рівнянь чи нерівностей, лінійних чи нелінійних, алгебраїчних чи трансцендентних. Якщо інформації про залежність характеристик недостатньо для їхньої точної ідентифікації, або зв'язки мають випадковий характер, об'єкт моделювання розглядається як «чорний» ящик, стосовно якого виділяються лише входи та виходи, а внутрішні зв'язки вважаються невідомими. Для ідентифікації моделі в цьому випадку може бути застосований апарат регресійного аналізу. Розглянемо ситуацію, коли в об'єкта одна вихідна величина та декілька вхідних величин. Такі об'єкти в концептуальній моделі подаються у вигляді, зображеному на рисунку 1, на якому x_1, \dots, x_n – вхідні змінні (фактори, регресори), y – вихідна змінна (відгук).

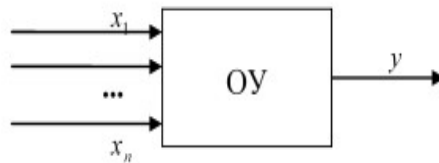


Рисунок 1 – Об'єкт моделювання «чорний» ящик

При цьому приймаються припущення, які визначають стаціонарність об'єкта, відсутність взаємозв'язку між різними реалізаціями процесу. Наприклад, у якості відгуку можна розглянути витрати палива автомобілем на 100 км шляху. Факторами будуть вага вантажу, середня швидкість руху. Припущення: рух відбувається в основному по горизонталі по однотипних дорогах; якість палива, технічний стан автомобіля та водій не змінюються.

Структура математичної моделі може бути лінійною чи нелінійною. Розглянемо найпростіший випадок, коли залежність вихідної змінної від факторів має вигляд

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + \dots + b_n \cdot x_n, \quad (1)$$

де b_0, \dots, b_n – невідомі параметри.

Для пошуку значень параметрів полінома (1) може бути застосований один з методів параметричної ідентифікації, наприклад *метод найменших квадратів* (МНК, least squares method).

Методика застосування МНК складається з таких етапів:

- 1) збір статистичних даних про залежність відгуку від факторів;
- 2) обробка і дослідження цих даних;
- 3) розрахунок варіантів значень параметрів (множинний регресійний аналіз) і їх оцінок адекватності.

Збір статистичних даних здійснюється у ході експерименту.

З метою дослідження об'єкта дані експерименту піддаються статистичній обробці і аналізу. На основі даних:

- розраховуються середнє значення, середньоквадратичне відхилення, мінімум, максимум кожного з факторів і відгуку;
- перевіряються гіпотези про закон розподілу факторів і відгуку шляхом побудови гістограм;
- обчислюється кореляційна матриця.

Дослідження статистичної інформації дає змогу частково виявляти помилки введення та методики проведення експерименту. Аналіз кореляційної матриці дозволяє з'ясувати ступінь взаємозв'язку відгуку з факторами та факторів між собою.

Для оцінки якості побудованої моделі використовують різні статистичні оцінки (наприклад залишкова дисперсія, критерій Фішера та ін.). З метою поліпшення цих оцінок можливо застосовувати такі прийоми:

- видалення з моделі малозначущих змінних;
- перегляд експериментальних даних і видалення ізольованих точок;
- включення до структури моделі нелінійних складових.

Для розробленої моделі завжди виконується перевірка адекватності на основі нової серії експериментів.

Як видно з зазначеного вище, розроблення аналітичних моделей є копіткою та витратною справою. Крім того, однією з

проблем аналітичного моделювання є врахування істотних випадкових впливів на об'єкт. З цією задачею легше впоратися, використовуючи арсенал імітаційного моделювання, який спирається на засоби ЕОМ.

Тема 12. Імовірісно-статистичні методи дослідження

12.1 Суть імовірісно-статистичних методів

Базою є імовірісна модель реального явища або процесу, тобто математична модель, у якій об'єктивні співвідношення виражені в термінах теорії ймовірностей. Імовірності використовуються насамперед для опису невизначеностей, які необхідно враховувати при прийнятті рішень. Маються на увазі як небажані можливості (ризик), так і привабливі («щасливий випадок»). Іноді випадковість вноситься в ситуацію свідомо, наприклад при жеребкуванні, випадковому відборі одиниць для контролю, проведенні лотерей або опитуванні споживачів.

Теорія ймовірностей дозволяє за одними ймовірностям розрахувати інші, що цікавлять дослідника. Наприклад, за імовірністю випадання герба можна розрахувати ймовірність того, що при 10 киданнях монет випаде не менше 3 гербів. Подібний розрахунок спирається на імовірісну модель, згідно з якою кидання монет описуються схемою незалежних випробувань, крім того, випадання орла і решки рівноможливі, а тому ймовірність кожного з цих подій дорівнює S . Більш складною є модель, у якій замість кидання монети розглядається перевірка якості одиниці продукції. Відповідна імовірісна модель спирається на припущення про те, що контроль якості різних одиниць продукції описується схемою незалежних випробувань. На відміну від моделі з киданням монет, необхідно ввести новий параметр - імовірність p того, що одиниця продукції є дефектною. Модель буде повністю описана, якщо прийняти, що всі одиниці продукції мають однакову ймовірність виявитися дефектними. Якщо останнє припущення є правильним, то

кількість параметрів моделі зростає. Наприклад, можна прийняти, що кожна одиниця продукції має свою ймовірність опинитися дефектною.

Обговоримо модель контролю якості із загальною для всіх одиниць продукції ймовірністю дефектності p . Щоб при аналізі моделі «дійти до числа», необхідно замінити p на деяке конкретне значення. Для цього необхідно вийти за рамки ймовірнісної моделі і звернутися до даних, отриманих при контролі якості. Математична статистика розв'язує зворотню задачу відносно до теорії ймовірностей. Її мета - на основі результатів спостережень (вимірів, аналізів, випробувань, дослідів) отримати висновки про ймовірності, що лежать в основі ймовірнісної моделі. Наприклад, на основі частоти появи дефектних виробів при контролі можна зробити висновки про ймовірність дефектності. На підставі нерівності Чебишева робилися висновки про відповідність частоти появи дефектних виробів гіпотезі про те, що ймовірність дефектності набув певного значення.

Таким чином, застосування математичної статистики спирається на ймовірнісну модель явища чи процесу. Використовуються два паралельних ряди понять - належать до теорії (ймовірнісної моделі) і належать до практики (вибірки результатів спостережень). Наприклад, теоретичній ймовірності відповідає частота, знайдена за вибіркою. Математичному очікуванню (теоретичний ряд) відповідає вибіркове середнє арифметичне (практичний ряд). Як правило, вибіркові характеристики є оцінками теоретичних. При цьому величини, що належать до теоретичного ряду, «знаходяться в головах дослідників», належать до світу ідей, недоступні для безпосереднього вимірювання. Дослідники користуються лише вибірковими даними, за допомогою яких вони намагаються встановити властивості теоретичної ймовірнісної моделі, що цікавлять їх.

Навіщо ж потрібна ймовірнісна модель? Справа в тому, що тільки за її допомогою можна перенести властивості, встановлені за результатами аналізу конкретної вибірки, на інші вибірки, а також на всю так звану генеральну сукупність. Термін «генеральна сукупність» використовується, коли йдеться про

великий обсяг вибірки, але кінцевої сукупності досліджуваних одиниць. Наприклад, про сукупності всіх жителів Росії або сукупності всіх споживачів розчинної кави в Москві. Мета маркетингових або соціологічних опитувань полягає в тому, щоб твердження, отримані за вибіркою з сотень або тисяч чоловік, перенести на генеральні сукупності в кілька мільйонів чоловік. При контролі якості в ролі генеральної сукупності виступає партія продукції.

Щоб перенести висновки з вибірки на більш широку сукупність, необхідні ті чи інші припущення про зв'язок вибірових характеристик з характеристиками цієї більш широкої сукупності. Ці припущення засновані на відповідній імовірнісній моделі.

Звичайно, можна обробляти вибірові дані, не використовуючи ту чи іншу імовірнісну модель. Наприклад, можна розраховувати вибірове середнє арифметичне, підраховувати частоту виконання тих чи інших умов і т. п. Однак результати розрахунків будуть стосуватися тільки конкретної вибірки, а перенесення отриманих за їх допомогою висновків на якусь іншу сукупність не є коректним. Іноді подібну діяльність називають «аналізом даних». Порівняно з імовірнісно-статистичними методами аналіз даних має обмежену пізнавальну цінність.

Отже, використання імовірнісних моделей на основі оцінювання та перевірки гіпотез за допомогою вибірових характеристик - ось суть імовірнісно-статистичних методів прийняття рішень.

Підкреслимо, що логіка використання вибірових характеристик для прийняття рішень на основі теоретичних моделей припускає одночасне використання двох паралельних рядів понять, один з яких відповідає імовірнісним моделям, а другий - вибіровим даним. На жаль, у ряді літературних джерел, зазвичай застарілих або написаних у рецептурному дусі, не робиться відмінності між вибіровими і теоретичними характеристиками, що дивує читачів при практичному використанні статистичних методів.

12.2 Випадкові величини та їх розподіли

Розподіл числової випадкової величини – це функція, яка однозначно визначає ймовірність того, що випадкова величина набув заданого значення або належить до деякого заданого інтервалу.

Функції розподілу, що використовуються в імовірнісно-статистичних методах прийняття рішень та інших прикладних дослідженнях, бувають або дискретними, або безперервними, або їх комбінаціями.

Дискретні функції розподілу відповідають дискретним випадковим величинам, які набувають кінцевої кількості значень або ж значення з безлічі, елементи якого можна перенумерувати натуральними числами (такі множини в математиці називають рахунковими).

Безперервні функції розподілу не мають стрибків. Вони монотонно зростають при збільшенні аргументу – від 0 при $x \rightarrow -\infty$ до 1 при $x \rightarrow +\infty$. Випадкові величини, що мають безперервні функції розподілу, називають безперервними.

Безперервні функції розподілу, що використовуються в імовірнісно-статистичних методах прийняття рішень, мають похідні. Перша похідна $f(x)$ функції розподілу $F(x)$ називається щільністю ймовірності

$$f(x) = \left. \frac{dF(x)}{dx} \right| \quad (2)$$

За щільністю ймовірності можна визначити функцію розподілу

$$F(x) = \left. \int_{-\infty}^x f(y) dy \right| \quad (3)$$

Для будь-якої функції розподілу

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0, \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} F(x) = 1, \quad (4)$$

а тому

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1. \quad (5)$$

Змішані функції розподілу зустрічаються, зокрема, тоді, коли спостереження в якийсь момент припиняються. Наприклад при аналізі статистичних даних, отриманих при використанні планів випробувань на надійність, що передбачають припинення випробувань після закінчення деякого терміну.

Нормальний розподіл. В імовірісно-статистичних методах прийняття рішень часто йдеться про нормальний розподіл. Іноді його намагаються використати для моделювання розподілу вихідних даних. Більш істотним є те, що багато методів обробки даних засновані на тому, що розрахункові величини мають розподіл, близький до нормального.

Функція розподілу $\Phi(x)$ задається рівністю

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(x) dx \quad (6)$$

де $\varphi(x)$ - щільність стандартного нормального розподілу, що має досить складний вираз

$$\varphi(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} \quad (7)$$

Безперервні розподіли, використовувані в імовірісно-статистичних методах прийняття рішень. Крім сімейства нормальних розподілів, широко використовують ряд інших сімейств розподілу - логарифмічно нормальних, експоненціальних, розподілів Ерланга.

Щільність логарифмічно нормального розподілу така:

$$f(x, a_1, \sigma_1) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi x}} \exp\left[-\frac{(\ln x - a_1)^2}{2\sigma_1^2}\right], & x > 0, \\ 0, & x \leq 0. \end{cases} \quad (8)$$

Функція експоненціального розподілу має вигляд

$$F(x, \lambda) = P(X \leq x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (9)$$

Цей розподіл називається експоненціальним розподілом, тому що у формулі функції бере участь експоненціальна функція $e^{-\lambda x}$. Величина $1/\lambda$ – масштабний параметр. Іноді вводять і параметр зсуву c .

Важливу роль при цьому відіграє інтенсивність відмови

$$\lambda(x) = \left. \frac{f(x)}{1 - F(x)} \right| \quad (10)$$

де $F(x)$ і $f(x)$ – функція розподілу і щільність випадкової величини X .

Дискретні розподіли, що використовуються в імовірнісно-статистичних методах прийняття рішень. Найбільш часто використовують три сімейства дискретних розподілів – біноміальних, гіпергеометричних і Пуассона, а також деякі інші сімейства – геометричних, негативних біноміальних, мультиноміальних, негативних гіпергеометричних і т. д.

Тема 13. Методи системного аналізу

Метод системного аналізу – це шлях, спосіб вирішення проблеми. Іншими словами, це деяка формалізація, що дозволяє отримати рішення.

Класифікація методів системного аналізу тісно пов'язана з поняттям рівнів наукового пізнання. Розрізняють два таких рівні:

емпіричний (дослівно – що сприймається за допомогою органів почуттів) і теоретичний.

Емпіричний рівень наукового пізнання характеризується безпосереднім дослідженням реально існуючих об'єктів, що чуттєво сприймаються. Відповідні методи можна розділити на дві підгрупи:

- методи відокремлення і дослідження емпіричного об'єкта;
- методи обробки та систематизації отриманого емпіричного знання.

Теоретичний рівень наукового пізнання характеризується опосередкованим дослідженням дійсності за допомогою систем абстракцій “вищого порядку” – таких, як поняття, закони, категорії, принципи та інші форми «розумових операцій».

Виділяючи в науковому дослідженні зазначені два різних рівні, не слід, однак, їх відривати один від одного і протиставляти. Адже емпіричний і теоретичний рівні пізнання взаємопов'язані між собою. Емпіричний рівень виступає в якості основи, фундаменту теоретичного. Гіпотези і теорії формуються в процесі теоретичного осмислення наукових фактів, статичних даних, одержуваних на емпіричному рівні. Емпіричне дослідження, виявляючи за допомогою спостережень і експериментів нові дані, стимулює теоретичне пізнання (яке їх узагальнює і пояснює), ставить перед ним нові більш складні завдання. З іншого боку, теоретичне пізнання, розвиваючи і конкретизуючи на базі емпірії нове власне утримання, відкриває нові, більш широкі горизонти для емпіричного пізнання, орієнтує і направляє його в пошуках нових фактів, сприяє вдосконаленню його методів і засобів і т. д. Емпіричний рівень наукового пізнання не може існувати без досягнень теоретичного рівня. Емпіричне дослідження звичайно спирається на певну теоретичну конструкцію, яка визначає напрямок цього дослідження, обумовлює і обґрунтовує методи, що застосовуються при цьому.

Методи системного аналізу мають свої переваги і недоліки, що визначають їх область застосування як відносно до типу проблеми, так і етапу її вирішення. Для прийняття рішень в умовах більшої визначеності успішно застосовуються формальні математичні методи (різновид мовного моделювання). З

переходом на більш високі рівні ієрархії кількісна визначеність у постановці і вирішенні проблем зменшується, цілі та інші елементи системного аналізу набувають все більш якісного характеру. Відповідно все більша кількість завдань вирішується в умовах підвищеного ризику і невизначеності.

Перевагою методів системного аналізу рівня модельного експерименту є можливість проводити дослідження будь-якого об'єкта без безпосереднього звернення до нього.

Загалом методи системного аналізу можна класифікувати так:

1 Неформальні методи. Метод сценаріїв формування проблеми, її розвитку в минулому і майбутньому, прогноз і аналіз майбутніх умов, стійких тенденцій розвитку, прогнозування розвитку середовища. *Метод експертних оцінок:* аналіз існуючого стану; оцінка варіантів розвитку; оцінка взаємодії з іншими системами; прогнозування розвитку і зміни середовища; пророкування нових факторів, що мають істотний вплив на розвиток системи; дослідження можливих зрушень цілей і критеріїв; оцінка реальності цілей і шляхів їх досягнення. *Діагностичні методи:* аналіз існування проблеми і можливості її вирішення; аналіз структури системи; виявлення потенційних можливостей діючої системи; виявлення “вузьких місць” і недоліків в управлінні, проектування організаційних структур.

2 Графічні методи. *Метод дерева цілей:* формування цілей і критеріїв системи; декомпозиція цілей і виявлення потреби в ресурсах і заходах; дослідження можливих зрушень цілей і критеріїв; аналіз цілей на сумісність, входження і повноту; планування варіантів досягнення цілей; поєднання комплексу взаємопов'язаних варіантів; проектування організаційних структур управління. *Матричні методи:* розкладання проблеми на комплекс чітко сформульованих завдань; аналіз внутрішніх зв'язків між елементами системи; відбір засобів для досягнення цілей; виявлення потенційних можливостей діючої системи; побудова комплексної програми розвитку; проектування матричних структур управління. *Мережевий метод:* виявлення потреби в процесах і ресурсах; прогноз і аналіз майбутніх умов;

проектування комплексної програми вирішення проблеми і розвитку системи та її розподіл у просторі і часі; проектування організації для досягнення цілей.

3 Кількісні методи. *Методи економічного аналізу:* аналіз розвитку системи в минулому; аналіз внутрішнього і зовнішнього середовища; оцінка сучасного стану ресурсів; оцінка реалізованих і запланованих проєктів; оцінка цілей і відбір засобів їх реалізації, аналіз ресурсів; оцінка економічної ефективності варіантів досягнення цілей, діагноз ефективності функціонування існуючої системи; оцінка ефективної комплексної програми розвитку. *Морфологічні методи:* аналіз структури системи; композиція загального критерію з критеріями підсистеми, оцінка факторів, що впливають на цілі та засоби; оцінка процесів; перевірка цілі на сумісність і повноту. *Статистичні методи:* прогноз і аналіз майбутніх умов, комплексний аналіз взаємодіючих факторів майбутнього розвитку.

4 Методи моделювання. *Кібернетичні методи:* визначення взаємозв'язку між елементами системи і навколишнього середовища; визначення та специфікація процесів управління і каналів інформації, формування спільної мети і критерію системи; виявлення недоліків в організації та управлінні системою; проектування організації для досягнення цілей. *Описові моделі:* композиція цілей і критеріїв у системах, де їх важко виразити явно; оцінка взаємодій між елементами і середовищем у слабо структурованих системах, прогнозування тенденцій розвитку системи та навколишнього середовища; дослідження можливих зрушень цілей і критеріїв; створення системи відповідальності при побудові комплексної програми розвитку. *Нормативні операційні моделі:* визначення цілей – вимог підсистем; формування процедури визначення загальної мети і конструювання критеріїв; формування комплексних програм розвитку; пошук оптимальних варіантів розвитку підсистеми і досягнення локальних цілей.

Більшість перерахованих методів розроблено задовго до появи системного аналізу і використовується самостійно. Системний же підхід дозволяє більш точно окреслити коло завдань, найбільш ефективно вирішуваних кожним методом, а

щодо деяких – переосмислити і переоцінити їх значення, межі застосування і знайти типові постановки задач. Нове, що вносить системна методологія, – це підхід не від методу, а від задачі, вимоги комплексного використання цілої серії методів або їх системного користування для вирішення різних частин і етапів проблеми.

Тема 14. Формальна і неформальна постановка завдання, перехід від реального завдання до інформаційної моделі

14.1 Формалізація

Для дослідження об'єктів, процесів, явищ у різних областях використовується моделювання. Результати цих досліджень використовуються:

- для визначення та поліпшення характеристик реальних об'єктів і процесів;
- розуміння суті явищ і вироблення вміння пристосовуватися до них або керувати ними;
- конструювання нових об'єктів або модернізація старих.

Моделювання допомагає людині приймати обґрунтовані і продумані рішення, передбачати наслідки своєї діяльності.

Першим етапом будь-якого дослідження є постановка задачі, що визначається заданою метою.

Другий етап – аналіз об'єкта. Результат аналізу об'єкта – виявлення його складових (елементарних об'єктів) і визначення зв'язків між ними.

Третій етап – розроблення інформаційної моделі об'єкта. Побудова моделі повинна бути пов'язана з метою моделювання. Кожен об'єкт має велику кількість різних властивостей. У процесі побудови моделі виділяються головні, найбільш істотні, властивості, які відповідають меті.

Іншими словами, те, про що говорилося в третьому етапі, можна назвати формалізацією, тобто заміною реального об'єкта або процесу його формальним описом, його інформаційною моделлю.

Формалізація – це процес виділення і переведення внутрішньої структури об'єкта в певну інформаційну структуру – форму.

Перш ніж будувати якийсь складне спорудження, наприклад міст, конструктори роблять його креслення, проводять розрахунки міцності, допустимих навантажень. Таким чином, замість реального моста вони мають справу з його модельним описом у вигляді креслень, математичних формул.

Припустимо, що в нас вже є виклад деяких знань про досліджуваний предмет «природною» мовою відповідної науки і цей виклад є ясним і виразним. Етапи процедури застосування методу формалізації такі:

1 Символізація, тобто переклад наявних знань про об'єкт формалізованою мовою, при цьому використовуються спеціальні символи і формальні вирази (формули, математичні рівняння, графи, діаграми і т. п.), які будуються з вихідних символів за певними синтаксичними правилами. Саме таким шляхом здійснюється перетворення форми знання у такий вигляд, який можна вивчати.

2 Перетворення отриманих формальних виразів у відповідності з певними формальними правилами, наприклад розв'язання складених диференціальних рівнянь, перетворення тригонометричних виразів, трансформація лінгвістичних конструкцій, логіко-математичні докази та висновки і т. д.

3 Інтерпретація, або («зворотний») переклад, отриманих у результаті остаточних формальних виразів і їх тлумачення природною мовою. Зрозуміло, далі слідує практична перевірка отриманих результатів або перевірка їх за допомогою зіставлення з вже перевіреними науковими даними (фактами).

Процедура формального дослідження повинна задовольняти необхідні стандарти, до яких належать:

1 Несуперечність формалізованого представлення досліджуваного матеріалу.

2 Коректність: те, що отримуємо (вирішуємо, виводимо, доводимо), повинно в змістовному, неформальному поданні (після інтерпретації) відповідати фактам, бути істинним.

3 Адекватність: те, що в змістовно поданому матеріалі є істинним, відповідає фактам, повинно бути у формалізованому поданні виведеним, доказовим і т. д.

Коректність і адекватність разом забезпечують повноту формалізації – у сенсі повноти формального уявлення про те, що має місце в досліджуваній предметній області.

Особливу роль у розробленні методів формалізації відіграють логіка і математика. Тобто завдання практичного і теоретичного характеру можуть вирішуватися правильно з певною повторюваністю, тільки якщо мислення, яке бере участь у їх вирішенні, є правильним, певним, послідовним (несуперечливим) і доказовим. Будь-який метод пізнання повинен задовольняти ці вимоги, у тому числі і метод формалізації. Однак у методах формалізації логіка відіграє особливу роль, більш істотну, ніж в інших «змістовних, неформальних» методах наукового пізнання.

Формалізовані мови, засновані на символізації, побудові і перетвореннях формальних виразів, дозволяють більш органічно, порівняно з природними мовами, врахувати і виражати кількісні аспекти досліджуваних предметів. Математичні символи і перетворення є різновидом і складовою частиною практично всіх символізацій і формальних перетворень. Тому роль математики в методах формалізації, мабуть, важливіше її ролі в інших методах пізнання.

Переваги формалізації значні. Перш за все це більш чітке виділення і подання тих припущень, які ми робимо при викладі тієї чи іншої концепції або теорії.

Завдяки формалізації далі можна звести до мінімуму неспроможні, беззмістовні міркування і «докази»; крім того, полегшуються можливості аналізу.

Чимале значення має і те, що з'являється більше можливостей для математичної перевірки та математичного моделювання.

14.2 Інформаційне моделювання

Побудувавши інформаційну модель, людина використовує її замість об'єкта-оригіналу для вивчення властивостей цього об'єкта, прогнозування його поведінки та інше.

Комп'ютерна модель може бути створена тільки на основі добре формалізованої інформаційної моделі.

Формалізація інформації про деякий об'єкт – це її відображення в певній формі.

Формалізована інформаційна модель – це певні сукупності знаків (символів), які існують окремо від об'єкта моделювання, можуть піддаватися передачі і обробці. Реалізація інформаційної моделі на комп'ютері зводиться до її формалізації у формати даних, з якими “вміє” працювати комп'ютер.

Але можна говорити і про інший бік формалізації стосовно комп'ютера. Програма певною мовою програмування є формалізованим уявленням процесу обробки даних. Це не суперечить наведеним вище визначенням формалізованої інформаційної моделі як сукупності знаків, оскільки машинна програма має знакове уявлення. Комп'ютерна програма – це модель діяльності людини з обробки інформації, зведена до послідовності елементарних операцій, які вміє виконувати процесор ЕОМ. Тому програмування на ЕОМ є формалізацією процесу обробки інформації. А комп'ютер виступає як формальний виконавець програми.

Побудова інформаційної моделі починається з системного аналізу об'єкта моделювання.

Наступний етап формалізації – теоретична модель переводиться у формат комп'ютерних даних і програм.

Класифікація інформаційних моделей може ґрунтуватися на різних принципах. Якщо класифікувати їх за домінуючою в процесі моделювання технологією, то можна виділити математичні моделі, графічні моделі, імітаційні моделі, табличні моделі, статистичні моделі та інше. Якщо ж покласти в основу класифікації предметну область, то можна виділити моделі фізичних систем і процесів, моделі екологічних (біологічних) систем і процесів, моделі процесів оптимального економічного планування, моделі навчальної діяльності, моделі знань та інше. Питання класифікації важливі для науки, тому вони дозволяють

сформуванати системний погляд на проблему, але перебільшувати їх значення не слід.

Тема 15. Аналіз теоретично-експериментальних досліджень

15.1 Основи теорії випадкових помилок і методів оцінки випадкових похибок у вимірюваннях

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

Оснoву теорії випадкових помилок складають такі припущення:

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

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

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

Розрізняють генеральну та вибіркoву сукупність вимірів.

Під *генеральною сукупністю* розуміють всю множину можливих значень вимірів x_i або можливих значень похибок Δx_i .

Для *вибіркової сукупності* кількість вимірів n обмежена і в кожному конкретному випадку строго визначається.

Звичайно вважають, що якщо $n > 30$, то середнє значення даної сукупності вимірів \bar{x} достатньо наближається до його дійсного значення.

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

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

$$D = \sigma^2 = \left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] / n; \quad k_v = \sigma / \bar{x}. \quad (11)$$

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

Довірчим інтервалом значень x_i є такий інтервал, у який потрапляє дійсне значення x_D вимірюваної величини із заданою імовірністю.

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

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

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

Для проведення дослідів із заданою точністю і достовірністю необхідно знати ту кількість вимірів, при якій експериментатор буде впевнений у позитивному результаті. У зв'язку з цим одним із найперших завдань при статистичних методах оцінки є встановлення мінімальної, але достатньої кількості вимірів для даних умов. Завдання зводиться до встановлення мінімального обсягу вибірки (кількості вимірів або

спостережень) N_{min} при заданих значеннях довірчого інтервалу та довірчої імовірності.

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

- проводиться попередній експеримент з кількістю вимірів n , які складають залежно від трудомісткості досліду від 20 до 50;
- розраховується середньоквадратичне відхилення σ за формулою (11);
- відповідно до поставлених завдань експерименту визначається потрібна точність вимірів Δ за формулою

$$\Delta = \sigma_0 / \bar{x}, \quad (12)$$

де σ_0 - середньоарифметичне значення середньоквадратичного відхилення σ , яке дорівнює $\sigma_0 = \sigma / \sqrt{n}$;

- встановлюється нормоване відхилення t , значення якого звичайно задається (залежить також від точності методу);
- визначають N_{min} за такою формулою:

$$N_{min} = \sigma^2 t^2 / \sigma_0^2 = k_e^2 t^2 / \Delta^2, \quad (13)$$

де k_e – коефіцієнт варіації (мінливості), %;

Δ – точність вимірів, %.

При подальшому проведенні експерименту кількість вимірів не повинна бути меншою за N_{min} .

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

$$x_{max,min} = \bar{x} \pm 3\sigma. \quad (14)$$

Більш достовірним є метод, що базується на використанні довірчого інтервалу.

15.2 Методи графічної обробки результатів експерименту

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

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

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

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

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

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

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

Координатні сітки бувають **рівномірними** та **нерівномірними**. У рівномірних координатних сітках ординати та абсциси мають рівномірну шкалу.

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

Напівлогарифмічна сітка має рівномірну шкалу на осі ординат та логарифмічну шкалу на осі абсцис.

Логарифмічна координатна сітка має на двох осях логарифмічні шкали.

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

Доцільність використання нерівномірної функціональної сітки пояснюється, крім вищезазначеного, бажанням подати функцію, що досліджується, у вигляді прямої, що підвищує точність побудови. При цьому здійснюється так зване вирівнювання, тобто криву, що побудована за дослідними даними, подають лінійною функцією.

Масштаб за координатними осями, як правило, використовують різний. Від його вибору залежить форма графіка – він може бути пласким (вузьким) або витягнутим (широким) вдовж осі. Вузькі графіки дають більшу похибку на осі ординат, широкі – на осі абсцис. Правильно підібраний масштаб дозволяє підвищити точність відрахування.

Тема 16. Впровадження та ефективність наукових досліджень

16.1 Апробація та оприлюднення результатів наукового дослідження

Основними формами апробації наукових досліджень (НД) є обговорення їх на семінарах, конференціях, оприлюднення та експериментальне впровадження.

Учасників обговорення потрібно попередньо ознайомити з планом, основними положеннями теми, висновками та рекомендаціями.

Однією з найбільш ефективних форм колективного обговорення є наукова дискусія. Від учасників дискусії вимагаються активність, вміння бачити позитивні сторони праці, що обговорюється, чітко формулювати суть помилок і недоліків, вказувати можливі шляхи їх виправлення, толерантність у відстоюванні своєї позиції.

Наукові семінари. Науковий семінар є специфічною формою колективного обговорення наукових проблем, яка забезпечує умови для розвитку мислення через дискусію.

Традиційно на розгляд учасників наукового семінару виносять одну або декілька доповідей, для чого заздалегідь призначають доповідачів. У процесі обговорення доповіді доцільно призначати двох опонентів з учасників семінару. Опоненти попередньо ознайомлюються з доповіддю, вивчають літературу за темою доповіді і дають розгорнуту аргументовану оцінку при обговоренні.

Конференції (форуми, симпозіуми). Під **конференцією** розуміють збори, наради представників наукових, громадських та інших організацій для обговорення і вирішення певних питань.

Конференції можуть проводитися на різних рівнях (вузівські або міжвузівські, міські, регіональні, всеукраїнські, міжнародні); з різним контингентом учасників (науковці, практики, представники громадськості, представники владних структур і т. ін.); з різним змістом питань, що виносяться на обговорення (наукові; науково-практичні; практичні) тощо.

Конгрес – це з'їзд або нарада з широким представництвом переважно міжнародного характеру.

Студентські конференції. Залучення студентів до участі у конференціях дозволяє розвивати ініціативу, активність і самостійність і виховує відповідальність перед колективом. При її проведенні студенти привчаються працювати над додатковою літературою, удосконалюють навички логічного викладення матеріалу, вміння грамотно та послідовно пояснити матеріал теми.

Оприлюднення результатів наукових досліджень може здійснюватись у формі публікації статей у фахових виданнях, тез виступів на конференціях, семінарах, симпозіумах, нарадах, круглих столах тощо, опублікування наукової монографії. Особливою формою оприлюднення є автореферати кандидатських і докторських дисертацій.

Експериментальне впровадження, тобто впровадження як елемент самого дослідження, необхідно відрізнити від впровадження, яке здійснюється після завершення роботи. Перше передбачає не тільки удосконалення практики, але й перевірку, уточнення і розвиток теорії та методики, відпрацювання рекомендацій. Друге передбачає впровадження відпрацьованих, готових, перевірених результатів, тобто перш за все удосконалення практичної діяльності, що не виключає, звичайно, у подальшому доробки та удосконалення впровадженої НД.

16.2 Впровадження результатів наукових досліджень

Результативність дослідження значною мірою визначається ступенем реалізації його результатів, тобто впровадженням. Впровадження завершених наукових досліджень – заключний етап НД.

Впровадження – це передача замовнику НД наукової продукції (звіти, інструкції, методики, технічні умови, технічний проект тощо) у зручній для реалізації формі, що забезпечує техніко-економічний ефект.

Основними результатами наукових досліджень є:

- теоретичні результати (визначення/уточнення термінології, виявлення властивостей об'єктів, що досліджувались, закономірностей їх взаємодії з іншими явищами тощо);

- методологічні або методичні результати (розроблення методик обліку, аналізу, контролю, оцінки об'єктів, що досліджувались, а також методики з організації та управління тощо);

- прикладні (практичні) результати (застосування розроблених класифікацій, методик, алгоритмів і т. ін. в процесі обліку, аналізу, контролю, оцінки, організації, управління діяльністю окремої організації, підприємства, групи підприємств, галузі тощо).

Основними рівнями впровадження результатів наукових досліджень є державний (прийняття результатів наукових досліджень державними органами влади – Верховною Радою України, Кабінетом Міністрів України тощо); регіональний (прийняття результатів наукових досліджень регіональними структурами); галузевий (прийняття результатів наукових досліджень галузевими структурами); окреме підприємство (впровадження результатів у практику роботи конкретного підприємства); навчальний процес (використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі – при формуванні навчальних програм, планів, написанні лекцій, навчальних посібників, підручників тощо).

Впровадження наукових досліджень у практику роботи підприємств, як правило, складається з двох стадій: дослідно-виробничого впровадження та серійного впровадження (впровадження досягнень науки, нової техніки, нової технології).

Після дослідно-виробничого впровадження нові матеріали, конструкції, технології, рекомендації, методики впроваджують у серійне виробництво як елементи нової техніки. На цьому, другому, етапі науково-дослідні організації не беруть участі у впровадженні. Вони можуть на прохання організації, що проводить впровадження, надавати консультації або незначну науково-технічну допомогу.

Після впровадження досягнень науки у виробництво складають пояснювальну записку, до якої додають акти

впровадження та експлуатаційних випробувань, розрахунок економічної ефективності, довідки про річний обсяг впровадження для включення економії, що буде отримана, у план зниження собівартості, протокол часткової участі організацій у розробленні та впровадженні, розрахунок фонду заробітної плати та інші документи.

Впровадження результатів НД фінансують організації, які його здійснюють.

16.3 Ефективність наукових досліджень

Наука є найефективнішою сферою капіталовкладень. У світовій практиці заведено вважати, що прибуток від капіталовкладень у науку є набагато більшим, ніж прибуток в інших галузях економіки.

Проте про ефективність досліджень можна судити лише після їх успішного завершення та впровадження, тобто тоді, коли вони починають давати віддачу для національної економіки. Велику роль відіграє фактор часу. Тому час розроблення прикладних тем, по можливості, повинен бути найкоротшим. Найкращий термін – до трьох років.

У найзагальнішому випадку під *ефектом* розуміють результат зіставлення нового стану явища після досягнення продиктованих потребами суб'єкта цілей з якістю його початкового стану. Результатом НД є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, фінансово-економічного, соціального та екологічного ефектів.

Науковий ефект характеризується приростом кількості і якості інформації або суми знань у певній галузі науки.

Науково-технічний ефект пов'язаний з аналогічним приростом науково-технічної інформації і характеризує можливість використання результатів виконаних досліджень в інших НД, спрямованих на створення нової продукції або технології.

Економічний ефект відображає результат перевищення доходів від впровадження результатів НД над витратами на їх здійснення.

Фінансово-економічний ефект разом з економічним ефектом передбачає поліпшення кінцевого стану організації щодо її фінансової стійкості, ліквідності, платоспроможності (поліпшення структури активів і пасивів, підвищення здатності розраховуватися за зобов'язаннями, приріст власного капіталу).

Соціальний ефект відображає поліпшення якості життя людей, що адекватно зростанню доходів працівників, забезпеченню їх зайнятості, підвищенню кваліфікації, поліпшенню умов праці, скороченню травматизму і кількості випадків професійних захворювань, поліпшенню соціальної захищеності.

Екологічний ефект означає зниження антропогенного впливу на навколишнє природне середовище у результаті впровадження НД.

Ефективність досліджень – це характеристика сукупності отриманих наукових, економічних і соціальних результатів. Зіставлення отриманих результатів з витратами на їх досягнення характеризує ефективність дослідження в цілому.

Критеріями ефективності наукових досліджень є:

- наукова значущість виконаної роботи;
- обсяг наукової продукції, який вимірюється загальною або середньою кількістю публікацій, що припадають на одного наукового співробітника, виконаних і захищених дисертаційних робіт, завершених тем або зданих звітів тощо;
- економія суспільних витрат.

Критеріями ефективності праці окремих науковців є публікаційний (сумарна кількість друкованих публікацій, загальний їх обсяг у друкованих аркушах, кількість монографій, підручників, навчальних посібників); економічний (показник продуктивності праці – вироблення в тисячах гривнях кошторисної вартості НД); новизни розробок (кількість авторських свідоцтв і патентів на винаходи); цитованості робіт (кількість посилань на друковані праці вченого) тощо. За такими критеріями оцінки роботи науковців можна нормувати їх працю, окремо планувати завдання кожного працівника.

Економічний ефект від впровадження – основний показник ефективності наукових досліджень. Ефект від впровадження розраховують за весь період, починаючи від часу

розроблення теми до одержання віддачі. Звичайно час такого періоду становить кілька років.

Рівень новизни прикладних досліджень і розробок характеризується критерієм новизни $K_{нов}$, тобто кількістю завершених робіт, за якими одержані авторські свідоцтва та патенти на винаходи. Критерій новизни вимірюється абсолютним числом авторських свідоцтв і патентів.

Економічний ефект від впровадження НД розраховується за типовими методиками розрахунку ефекту від впровадження нововведень. Вирізняють три види економічного ефекту: попередній, очікуваний і фактичний.

Попередній економічний ефект встановлюють при обґрунтуванні теми наукового дослідження та включення її до плану робіт. Розраховують його за орієнтовними, укрупненими показниками з урахуванням обсягу впровадження результатів досліджень.

Очікуваний економічний ефект розраховують у процесі виконання НД. Його умовно відносять (прогнозують) до визначеного періоду (року) впровадження НД у виробництво. Очікуваний ефект розраховують не тільки на один рік, але і на більш тривалі періоди (інтегральний результат). Орієнтовно такий період становить до 10 років від початку впровадження для нових матеріалів і до 5 років для конструкцій, приладів, технологічних процесів.

Фактичний економічний ефект визначається після впровадження наукових розробок у виробництво, але не раніше ніж через 1 рік. Розрахунок його виконують за фактичними витратами на наукові дослідження та впровадження з урахуванням конкретних вартісних показників даної галузі (підприємства), де були впроваджені наукові розробки. Фактичний економічний ефект розраховують підприємства, на яких здійснюється впровадження результатів НД.

Фактичний економічний ефект є найбільш достовірним критерієм економічної ефективності виконання НД.

Список літератури

1 Балашевич, Б.А. Математические методы в управлении производством [Текст] / Б.А. Балашевич. - Минск: Высшая школа, 1976. - 334 с.

2 Герасимов, И.Д. Научное исследование [Текст] / И.Д. Герасимов. - М., 1982. – 256 с.

3 Шейко, В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності [Текст] : підручник / В.М. Шейко, Н.М. Науменко. - 2-е вид., перероб. і доп. - К. : Знання-Прес, 2002. – 295 с.

4 Білуха, М. Т. Основи наукових досліджень [Текст] : підручник для студ. економ. спец. вузів / М.Т. Білуха. – К. : Вища школа, 1997. – 479 с.

5 Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества [Текст] / А.И. Половинкин. - М. : Машиностроение, 1988. – 361 с.

6 Чорненький, Я. Я. Основи наукових досліджень. Організація самостійної та наукової роботи студента [Текст]: навч. посібник / Я.Я. Чорненький, Н.В. Чорненька, С.Б. Рибак та ін. - К.: ВД “Професіонал”, 2006. – 199 с.

7 Лудченко, А.А. Основы научных исследований [Текст]: учеб. пособие / А.А. Лудченко, Я.А. Лудченко, Т.А. Приймак; под. ред. А.А. Лудченко. - К. : Т-во “Знання” КОО, 2000. – 114 с.

8 Чус, А. В. Основы технического творчества [Текст] / А.В. Чус, В.Н. Данченко. - К.; Донецк: Вища школа, 1983. – 183 с.

9 Организация научно-исследовательской работы [Текст]: метод. указания для студ. спец. 1604 “Управление процессами перевозок” и слушателей ФПК ИТР. – Харьков: ХИИТ, 1985. – 35 с.

