

Державна служба України з надзвичайних ситуацій

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**Олена Васильєва, Олександр Коваль, Іван Паснак, Олег  
Ковальчук**

**ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
ТА ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

*Навчальний посібник*

**Львів – 2023**

УДК 372.016:62(075.8)

ББК 74.580.050

В 19

**Рецензенти:** д.т.н., професор кафедри ТМ НГ Національного університету «Львівська політехніка»  
**Володимир Малащенко**  
д.т.н., проф., проф. кафедри, Української Академії друкарства **Яків Шахбазов**

Висвітлено основні питання з організації науково-дослідних робіт та представлення результатів досліджень. Викладено поняття, принципи, особливості планування, методи, структуру і технології теоретичних та експериментальних досліджень. Наголошено на необхідності системного підходу, як на пряму наукового пізнання та інженерної, практичної, винахідницької діяльності. Значну увагу приділено питанням психології наукової діяльності, етики наукових досліджень, розвитку наукового та творчого потенціалу особистості.

Докладно охарактеризовано вимоги до написання статей, оформлення тез доповідей, проведення теоретичних й експериментальних досліджень та узагальнення результатів. Представлено алгоритм проведення досліджень теоретичного та експериментального характеру. Також представлено правила оформлення та реєстрації інтелектуальної власності, наведено приклади розроблення патентів на винахід й корисну модель.

Адресований магістрам, ад'юнктам, аспірантам й молодим науковцям.

## Вступ

*Хто думає про науку, той любить її, а хто її любить, той ніколи не перестане вчитися, хоча б зовні він і здавався бездіяльним.*

*Г. Сковорода*

Сучасний етап науково-технічного розвитку суспільства висуває нові, набагато вищі вимоги до творчого потенціалу фахівців, що передбачає володіння новими науковими методами, вміння орієнтуватися в потоці наукової інформації, знаходити найраціональніші конструкторські, технологічні й організаційні рішення.

Перед спеціалістами різних напрямів підготовки все частіше постають завдання, які вимагають, окрім фахової кваліфікації, знання методів опрацювання результатів спостережень, планування експериментів, математичних методів моделювання та оптимізації процесів дослідження. Отже, сучасний фахівець повинен мати не тільки глибоку професійну підготовку, а й певний обсяг знань у галузі наукових досліджень, що передбачає засвоєння методологічних засад наукової праці, вміння збирати і опрацьовувати інформацію, розробляти програми наукових досліджень, аналізувати одержані результати та оформляти їх у вигляді наукового звіту.

Поряд із практичними вміннями здійснювати наукове дослідження, необхідною умовою ефективною та успішною наукової діяльності є готовність особистості до науково-дослідної роботи, її пошукова активність, продуктивна дослідницька поведінка, стійке прагнення до творчого наукового пошуку та комплекс індивідуально-психологічних і характерологічних особливостей, що забезпечить високу ефективність її професійного функціонування.

Мета пропонованого видання полягає у висвітленні методико-організаційних засад науково-дослідної діяльності, що сприятиме орієнтації в складному процесі наукового дослідження. Контент навчального посібника вміщує розгляд важливих питань: вибір напрямку та послідовність наукових досліджень; дослідницькі принципи науки; методи наукового пізнання; місце та роль системного підходу в науковому пізнанні; наукове мислення в організації та проведенні наукових досліджень; основи теоретичних та експериментальних досліджень; планування експерименту й аналіз його результатів; наукові колективи та школи, особистість вченого; технологія наукової діяльності; звітність наукових досліджень; психологія наукової діяльності; особливості науково-психологічних досліджень; етика наукових досліджень. Навчальний посібник буде корисним магістрантам технічних, гуманітарних спеціальностей, напрямів підготовки «Цивільний захист», «Пожежна безпека», «Охорона праці» вищих навчальних закладів. Він також стане у нагоді викладачам, аспірантам, молодим науковцям.

## РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ. НАУКОВЕ МИСЛЕННЯ, ТВОРЧІСТЬ У ПРОЦЕСІ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

*Звичайно нові наукові істини перемагають не так, що їх противників переконують і вони визнають свою неправоту, а більшою частиною так, що противники ці поступово вимирають, а молоде покоління засвоює істину одразу.*

М. Планк

### **1.1. Знання, творчість і наукова діяльність**

Винахідливість – один із основних показників професійності інженера. Тому недарма первинне значення слова «інженер» означає винахідник. Щодня перед сучасними інженерами стоять численні технічні задачі, які потребують творчого підходу для їх вирішення, отож і надалі актуальним є питання підвищення продуктивності розумової, творчої праці.

Науково-технічний прогрес диктує сучасним інженерам нові задачі, пов'язані з освоєнням різноманітних аналітичних інструментів для полегшення та прискорення вирішення творчих завдань.

Сьогодення висуває вимогу захисту результатів творчої інтелектуальної праці. Це дає можливість не лише досягти збільшення прибутковості роботи організації в ринкових умовах, але і підвищити її конкурентоспроможність. Окрім цього, освоєння методів науково-технічної творчості та умінь забезпечити їх патентно-правовий захист збільшує конкурентоспроможність самого інженера на ринку праці.

Підвищення рівня підготовки фахівців потребує творчого підходу до оволодіння знаннями, участі в справжньому науковому дослідженні. Творчість – це діяльність суб'єкта, що полягає у з постановці або виборі завдання, пошуку умов і способу його вирішення та у створенні нового. Вона поділяється на технічну, науково-технічну і наукову. Серйозна творча робота формує потрібні якості майбутніх фахівців, розкриває нові шляхи в науці. Наука – це динамічна система об'єктивно істинних знань, які отримані спеціальною діяльністю людей і перетворюються на безпосередню продуктивну силу суспільства. Мета науки полягає в пізнанні законів розвитку природи і суспільства, у вмінні правильно впливати на природу, щоб, ґрунтуючись на наукових досягненнях, отримувати корисні для суспільства результати.

Необхідність творчого підходу в системі освіти спонукає науку розвиватися швидшими темпами, ніж будь-яку іншу галузь діяльності.

#### ***Визначення й основні елементи науки***

***Наука*** – сфера діяльності людини, спрямована на отримання нових знань про природу, суспільство та мислення.

***Знання*** – ідеальне відтворення в мовній формі узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивного світу. Практична діяльність (практика) застосовує знання, щоб оволодіти силами природи та використати їх на користь людям.

***Пізнання*** – процес руху людської думки від незнання до знання, в основі якого лежить відображення об'єктивної дійсності у свідомості людини.

Наукове знання існує у вигляді законів і теорій.

***Закон*** – суттєвий внутрішній зв'язок явищ, які зумовлюють їх необхідний закономірний розвиток. Закон

виражає стійкий зв'язок між явищами чи властивостями матеріальних об'єктів.

**Теорія** – система узагальненого знання, пояснення певних сторін дійсності. Вона виникає внаслідок узагальнення пізнавальної діяльності та практики.

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

Основним структурним елементом є **поняття** – думка, що відображає суттєві та необхідні ознаки предмета чи явища. Розрізняють загальні, одиничні, збірні, абстрактні та конкретні, абсолютні та відносні поняття. Розкриття змісту поняття називають його визначенням.

Вихідні положення наукової теорії називають постулатами чи аксіомами.

**Аксіома** – це положення, яке не потребує доведення.

**Принцип** – це правило, яке виникає внаслідок суб'єктивно осмисленого досвіду людей.

Процес формування теорії містить такі етапи: виникнення ідей, формування понять, висування гіпотез, узагальнення наукових фактів, доведення правильності гіпотез.

**Наукова ідея** – інтуїтивне пояснення явища без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на підставі якої робиться висновок.

**Гіпотеза** – це припущення про причину, що викликає певний наслідок. Доведена практикою гіпотеза перетворюється на закон або теорію. Інструментом формування гіпотез є мислення людини.

**Мислення** – це опосередковане й узагальнене відображення в мозку людини істотних властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами чи явищами. Інструментами мислення є судження й умовиводи.

**Судження** – це думка, в якій за допомогою зв'язку понять затверджується чи заперечується будь-що. До судження про предмет чи явище людина може прийти способом безпосереднього спостереження якогось факту, або опосередкованим способом – за допомогою умовиводу.

**Умовивід** – процес мислення, що становить послідовність двох чи декількох суджень, унаслідок яких виводиться нове судження. Часто умовивід називають висновком, через який встановлюється перехід від мислення до дії, практики.

Умовиводи поділяють на дві категорії: дедуктивні та індуктивні. Дедуктивні умовиводи – це виведення будь-якого загального положення. В індуктивних умовиводах на підставі окремих випадків приходять до загального положення.

Рух думки від незнання до знання керується методологією. **Методологія** – філософське вчення про методи пізнання та перетворення дійсності, застосування принципів світогляду до процесу пізнання, духовної творчості та практики. Методологія обґрунтовує правила застосування світогляду до процесу пізнання і визначає підхід до явищ дійсності.

Методологія в науці виконує координаційну, інтегрувальну й евристичну функції. **Координаційна функція** припускає координацію та субординацію методів дослідження. **Інтегрувальна функція** припускає об'єднання методів дослідження та наук загалом. Унаслідок цього виникають синтетичні науки, такі як кібернетика. **Евристична функція** означає, що загальна методологія сприяє одержанню нових знань, скеровує зусилля вчених в область невідомого.

**Наукове дослідження** – це процес вивчення визначеного об'єкта (предмета або явища) з метою розкриття закономірностей його виникнення, розвитку та перетворення, це процес набуття нових наукових знань. Результатом



наукового дослідження є розвиток системи наукових знань. Її вдосконалення, перетворення та поповнення, а також систематизація та перевірка наукових результатів на практиці, впровадження їх у виробництво.

Будь-яке наукове дослідження має свій об'єкт і предмет. Часто об'єктом наукового дослідження є матеріальна або ідеальна система. Предметом дослідження можуть бути: структура системи, закономірності взаємодії елементів системи, закономірності функціонування або еволюція системи, різні властивості, якості тощо.

Наукові дослідження класифікують за п'ятьма ознаками:

- видами зв'язку із суспільним виробництвом;
- ступенем важливості для народного господарства;
- цільовим призначенням;
- джерелами фінансування;
- тривалістю проведення.

За видами зв'язку із суспільним виробництвом наукові дослідження поділяють на роботи, які спрямовані на створення нових технологічних процесів, конструкцій, машин, підвищення ефективності виробництва, поліпшення умов праці, розвиток особистості тощо.

За ступенем важливості для народного господарства наукові дослідження поділяють на:

- найважливіші роботи, що виконуються за постановами директивних органів, за державними науково-технічними програмами, програмами обласних центрів, координаційними планами управління з науки та техніки;

- роботи, що виконуються за планами галузевих міністерств і відомств;

- роботи, що виконуються з ініціативи та планів науково-дослідних робіт організацій.

За цільовим призначенням виділяють фундаментальні, прикладні дослідження та розробки.

Фундаментальні дослідження спрямовані на відкриття чи вивчення нових явищ та законів природи, створення нових принципів дослідження.

Прикладні дослідження спрямовані на пошук способів використання законів природи для створення нових і вдосконалення існуючих засобів і способів людської діяльності. Прикладні дослідження поділяють на пошукові, науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи.

Пошукові дослідження спрямовані на встановлення факторів, що впливають на об'єкт, пошук шляхів створення нових технологій і техніки на основі способів, запропонованих у результаті фундаментальних досліджень.

Науково-дослідні роботи спрямовані на створення нових технологій, установок, приладів, визначення логічної основи їхніх конструкцій і підбору конструктивних характеристик.

Найважливішою відмінною рисою фундаментальних і прикладних досліджень є факт одержання нової наукової та науково-технічної інформації. Цілеспрямований процес перетворення такої інформації у форму, придатну для освоєння у промисловості, називають розробкою. Кінцевою метою розробки є підготовка до впровадження у практику.

Залежно від джерела фінансування наукові дослідження поділяють на держбюджетні, госпдоговірні та нефінансовані. Держбюджетні дослідження фінансуються із засобів державного бюджету. Госпдоговірні – організаціями-замовниками на основі господарських договорів. Нефінансовані дослідження виконуються з ініціативи авторів угоди неформальних організацій або об'єднань.

За тривалістю проведення виділяють короткочасні (до 1 року), середньої тривалості (від 1 до 3 років), довгострокові (понад 3 роки) дослідження.

Під час проведення наукового дослідження використовуються різні типи людської діяльності: пошук, побудова, реконструкція, проектування, перетворення.

Сукупність знань про зміст процесу наукового дослідження називають його технологією.

**Технологія** – це сукупність знань, способів, прийомів, методик, розміщених у визначеній послідовності, згідно з якими досягається поставлена мета цього дослідження за допомогою певних засобів.

Графічне зображення технології називається технологічною схемою. Наукове дослідження виходить з існуючого знання та стимулюється науковою допитливістю дослідника. Технічна творчість виходить з існуючого стану промисловості та стимулюється соціальними потребами.

Основним структурним елементом технології є метод дослідження. **Метод** – це спосіб досягнення мети. З філософської точки зору методи дослідження поділяють на чотири групи: загальні, загальнонаукові, часткові (для визначеної групи наук), спеціальні (для певної науки).

До загальних методів належать такі:

- універсального взаємозв'язку;
- діалектичного протиріччя;
- єдності якості та кількості;
- діалектичного заперечення.

Згідно з методом **універсального взаємозв'язку**, для того, щоб уникнути однобічності в дослідженні об'єкта, необхідно врахувати всі суттєві сторони та зв'язки предмета. Цей метод допомагає уникати таких крайнощів, як софістика, заснована на вихоплюванні якоїсь окремої сторони предмета, незалежно від її суттєвості, й еkleктика, заснована на поєднанні безлічі різнорідних, внутрішньо непов'язаних між собою сторін предмета.

Метод **діалектичного протиріччя** заснований на законі єдності та боротьби протилежностей. Діалектичне

протириччя полягає в тому, що між сторонами предмета є не лише протилежність, взаємне виключення, але і єдність. Причому ця єдність протилежностей полягає не стільки в здійсненні їх у тому самому предметі, а в тому, що вони взаємно припускають одна одну, здатні перетворюватись одна на іншу.

Метод *єдності якості та кількості* розкриває зв'язок між кількісною та якісною визначеністю. У методологічному відношенні зв'язок між якістю і кількістю означає, що кожне явище, процес тощо, предметів дослідження, мають бути вивчені в плані не лише якісної, але й кількісної визначеності, тобто математично. Закон переходу кількісних змін у якісні лежить в основі універсальної застосовності кількісних математичних методів дослідження.

Метод *діалектичного заперечення* (закон заперечення заперечення) полягає в необхідності дотримання наступності при переході від старого до нового, від попереднього до наступного. Попереднє заперечується не абсолютно, а відносно, не у всіх, а лише у визначених відносинах. Саме цим забезпечується спіральний характер розвитку наук.

До *загальнонаукових методів* належать: спостереження, порівняння, розрахунок, вимірювання, узагальнення, абстрагування, формалізація, аналіз і синтез, індукція та дедукція, аналогія, моделювання, ідеалізація, конкретизація, а також аксіоматичний, гіпотетичний, історичний і системний методи.

*Спостереження* – це спосіб пізнання об'єктивного світу, заснований на безпосередньому сприйнятті предметів і явищ за допомогою органів чуття без втручання у процес, який досліджується.

*Порівняння* – встановлення розбіжностей між об'єктами матеріального світу або віднаходження в них загального, що здійснюється як за допомогою органів чуття, так і за допомогою спеціальних пристроїв.

**Розрахунок** – знаходження числа, яке визначає кількісне відношення однотипних об'єктів чи їхніх параметрів, що характеризують певні властивості.

**Вимірювання** – це фізичний процес визначення чисельного значення деякої величини способом порівняння її з еталоном.

**Експеримент** – одна із сфер людської практики, в якій піддається перевірці істинність висунутих гіпотез або виявляються закономірності об'єктивного світу. Експеримент припускає втручання у процес, який досліджується.

**Узагальнення** – визначення загального поняття, в якому відображено головне, основне, що характеризує об'єкти певного класу.

**Абстрагування** – це уявне відволікання від несуттєвих властивостей, зв'язків, відносин предметів і виділення декількох сторін, якими цікавиться дослідник.

**Конкретизація** – процес руху думки від одиничного до особливого, від особливого до загального і від загального до особливого й одиничного. Конкретизація припускає побудову логічного класифікатора понять і властивостей досліджуваного об'єкта у вигляді «дерева». Таке «дерево» дає змогу визначити та відокремити властивість, що відшукують, від властивості, що примикає, провести ієрархію цілей дослідження, підкорюючи їх загальній меті.

**Формалізація** – відображення предмета чи явища у знаковій формі певної штучної мови (математики, хімії) та забезпечення можливості дослідження реальних об'єктів та їхніх властивостей через формальне дослідження відповідних знаків.

**Аксиоматичний метод** – спосіб побудови наукової теорії, за якого деякі твердження (аксіоми) приймають без доведення і потім використовують для отримання інших знань за визначеними логічними правилами.

**Аналіз** – метод пізнання за допомогою розчленовування чи розкладання предметів дослідження на складові.

**Синтез** – з'єднання окремих сторін предмета в єдине ціле.

**Індукція** – умовивід від фактів до деякого загального твердження.

**Дедукція** – умовивід, у якому висновок про деякий елемент робиться на підставі знання загальних властивостей усієї низки елементів.

Одним із методів наукового дослідження є **аналогія**, за допомогою якої можна досягнути знання про предмети чи явища на підставі того, що вони мають подібність з іншими.

**Гіпотетичний метод** дослідження припускає розробку наукової гіпотези, її формулювання, складання моделі явища, її вивчення й аналіз.

**Історичний метод** – припускає вивчення виникнення, формування та розвитку об'єктів у хронологічній послідовності.

Різноманітні методи наукового пізнання умовно поділяють на низку рівнів: емпіричний, експериментально-теоретичний, теоретичний і метатеоретичний.

На **емпіричному рівні** використовують спостереження, порівняння, розрахунок, вимірювання, анкетне опитування, співбесіду, тести, метод проб і помилок.

На **експериментально-теоретичному рівні** використовують експеримент, аналіз, синтез, індукцію, дедукцію, моделювання, гіпотетичний, історичний і логічний методи.

На **теоретичному рівні** виконують логічне дослідження зібраних фактів, розробляють поняття, судження, роблять умовиводи. Широко використовують абстрагування, формалізацію, синтез, індукцію та дедукцію, аксіоматику, узагальнення, логічні методи подібності, розходження, супровідні зміни та ін.

До методів *метатеоретичного рівня* належать діалектичний метод і метод системного аналізу. За допомогою цих методів досліджують самі теорії та розробляють способи їх побудови, вивчають систему положень і понять певної теорії, встановлюють межі її застосування, способи введення нових понять, обґрунтовують способи синтезування декількох теорій.

У рамках системного аналізу враховують усі зв'язки об'єктів із середовищем, використовують кількісні порівняння всіх альтернатив. Основними етапами системного аналізу є:

- постановка завдання;
- окреслення меж досліджуваної системи та визначення її структури;
- складання математичної моделі;
- визначення екстремальних умов та оптимальних параметрів;
- формулювання висновків.

Рівень наукового дослідження визначає його технологію. Так у фундаментальних, теоретичних дослідженнях часто застосовують таку технологічну послідовність:

- вивчення сучасного стану питання;
- теоретичний аналіз і формулювання гіпотези;
- розробка схеми експерименту;
- експеримент;
- обробка дослідних даних і порівняння їх з результатами теоретичного аналізу;
- коригування гіпотези та теоретичної моделі;
- постановка додаткового експерименту;
- формулювання висновків.

Вибір найкращого виду чи способу проведення наукового дослідження здійснюють на основі таких показників їхньої ефективності:

- витрат часу;
- витрат матеріальних і трудових ресурсів;
- собівартості результатів НДР;
- рівня автоматизації дослідницьких робіт;
- енергоємності процесу досліджень.

### ***Структура та специфіка творчого процесу***

***Творчість*** – мислення в його вищій формі, що виходить за межі відомого, а також діяльність, що породжує щось якісно нове. Останнє містить постановку завдань, пошук умов і способів їх вирішення та створення нового. Творчість можна проявити в будь-якій сфері діяльності людини.

***Творчий процес*** у науковій роботі – це створення уявних образів, тобто нових комбінацій з відомих понять та образів.

Складниками механізму творчого мислення є інтуїція і логіка. Загальною рисою всіх видів творчості є формування уявлень. ***Уявлення*** – це вторинний чуттєвий образ предмета або явища, що в даний момент не діє на органи сприйняття, але обов'язково діяв у минулому. Нове уявлення формується на фоні вже існуючого, вихідного представлення. Повторення та деталізація – головні прийоми конкретизації фонового представлення.

***Інсайт*** полягає в усвідомленні чогось, що сплигло з глибини підсвідомості, у схоплюванні елементів ситуації, у тих зв'язках і відносинах, що забезпечують вирішення завдань.

Необхідною умовою виникнення інсайту є наявність інтуїції у дослідника. Наукова психологія розглядає інтуїцію, як необхідний, внутрішньо зумовлений природою творчості момент виходу за межі стереотипів поведінки, що склалися.

У дослідників можна виділити два рівні творчості:

- нижчий, що полягає у використанні відомих даних у новій галузі аналогії;



- вищий, що полягає у створенні принципово нових уявлень, які змінюють відому систему поглядів.

Згідно з класифікацією Х. Гоу і Д. Вудворта, учених-дослідників поділяють на вісім типів:

1. **Фанатик** – захоплений наукою до самозабуття, вважає її змістом життя, допитливий, невтомний, вимогливий, погано співпрацює з колективом.

2. **Піонер** – ініціативний, працездатний, амбітний, гарний організатор, відкривач нових ідей.

3. **Діагностик** – розумний критик, здатний одразу знайти сильні та слабкі сторони наукової праці.

4. **Ерудит** – має гарну пам'ять, легко орієнтується в різних галузях знання, але натура не творча, легко піддається авторитету інших.

5. **Технік** – логік і стиліст, уміє додати закінченості чужій роботі, усвідомлює обмеженість своїх можливостей, відмінно співпрацює з колективом.

6. **Естет** – захоплюється витонченими рішеннями, трохи зневажливо дивиться на працюючих не так тонко, не дуже терплячий і працездатний.

7. **Методолог** – добре володіє методологією та математичним апаратом, любить обговорювати свої наукові плани, терпляче ставиться до чужих поглядів.

8. **Індивідуаліст** – уникає роботи в колективі й адміністративних функцій, розумний, спостережливий. Упертий, захоплений своїми ідеями, але не виявляє енергії для впровадження їх в життя.

Творчістю можна вважати прояви людської свідомості, спрямовані на створення нових моральних і матеріальних цінностей. В це поняття входить все: бажання реалізувати свій дар, бажання відгукнутися на вимоги суспільства, задоволення своєї цікавості у пізнанні навколишнього середовища і себе тощо. Від ремесла творчість відрізняється новизною. Ремісник весь час іде

протоптаним шляхом, творець обирає новий шлях, але може і не оволодіти усіма секретами та навиками свого ремесла. Однак обидва можуть створювати шедеври.

Основні чинники, від яких залежить творчість та ефективність наукових досліджень: глибокі знання; систематична самовіддана праця; фантазія; абсолютне володіння предметом; уміння працювати самостійно. Результатом процесу технічної творчості є винахід. Процес винахідництва є супутником прояву творчості. Винахідництво – це процес створення чогось нового, невідомого у будь-якій галузі людської діяльності. Винахід – матеріалізований результат винахідництва.

Складність науки обумовила різноманіття визначень її предмета. Вихідною основою розуміння науки є сама наукова діяльність, наукова творчість, а також вивчення загальних та специфічних законів природи і суспільства. Безпосередня мета науки – одержання нових знань і використання їх у практичному освоєнні світу.

Мету науки можна сформулювати як теоретичне віддзеркалення дійсності. Функції науки – призначення, роль наукового пізнання. Виділяють описову, прогностичну, проєктивно-конструкторську (технологічну) та інші функції. Предмет науки – різноманітні форми рухомої матерії, а також форми їх відображення у свідомості людини. Виходячи з фактів дійсності, наука дає правильне тлумачення їх походженню та розвитку, розкриває істотні зв'язки між явищами, озброє людину знанням об'єктивних законів реального світу з метою їх практичного використання.

## **1.2. Особливості наукової творчості**

І у мистецтві, і в культурі, і в техніці автор не лише створює свої твори, але й відшуковує виразні засоби, переосмислює досвід та знання попередників, окреслює шляхи подальшого розвитку наукової галузі, в якій він працює. Пізнання явищ, які вивчає сучасна наука, потребує не меншого таланту, ніж мистецтво. Наукову творчість можна кваліфікувати як якісне перетворення людських уявлень про навколишній світ.

Творчість в науці, поряд із загальними рисами, має і суттєву відмінність від творчості в інших сферах діяльності людини. Наукова творчість в сучасних умовах можлива лише на основі володіння досить складними, точними і формальними методами, а для експериментальних наук – додатковими приладами і установками. Існує різниця між науковою та інженерною творчістю.

Якщо наукова творчість націлена на зміну описових і пояснювальних схем, за допомогою яких людина буде свою взаємодію з навколишньою дійсністю, то інженерна творчість пов'язана зі створенням нових способів діяльності у цьому світі. Наукова творчість орієнтована на виявлення всіх важливих деталей моделі будови світу, відтворення їх співвідношень та зв'язків у теоретичному знанні. При цьому творчість вченого багато в чому визначається вихідними установками і принципами теорії, на якій вона базується.

Вчений ще до проведення дослідження формує в уяві образ того, що шукає, і для повноти картини пошуку може вводити до неї гіпотетичні елементи. Інженерна ж творчість пов'язана зі створенням матеріально-предметних конструкцій і тому, звичайно, виходить із закономірностей, вже визначених природознавством.

Наукове пізнання і технічний пошук є ланками одного ланцюга. Нове знання може виникнути не лише під час

спеціальних пізнавальних процесів, але і внаслідок технічної діяльності, що здійснюється суто з практичною метою. При цьому наукове дослідження і техніко-винахідницька діяльність націлені на різні рівні об'єктивної реальності.

Головна мета наукового пошуку пов'язана зі встановленням фундаментальних законів, що регулюють функціонування цілої предметної області. Діяльність винахідника, навпаки, пов'язана з перетворенням конкретних технічних систем. Таку людину, головним чином, цікавить не універсально-теоретична форма деякого закону, а певний спосіб його фактичної дії.

Діалектична єдність пізнавальних і творчих елементів творчості інженера та вченого дає можливість технічній творчості, з одного боку, виступати моментом завершення, закінченості науково-технічного пошуку, а з другого – відігравати у багатьох випадках роль відправної точки, з якої починається науково-дослідна діяльність, і сприяти виявленню невідомих об'єктивних закономірностей.

### **1.3. Розвиток творчих здібностей і конструктивного мислення**

Особливості сучасного етапу створення нових машин обумовлені необхідністю проектування технічних об'єктів із техніко-економічними показниками, здатними конкурувати з найкращими зразками на світовому ринку. При цьому особливої ваги набуває необхідність скорочення термінів створення нової техніки. В зв'язку з цим сьогодні на одне з перших місць вийшла проблема інтенсифікації творчих здібностей інженерних і наукових кадрів, а формування творчого мислення у студентів і молодих спеціалістів стає актуальною задачею українських вузів.

Основу процесу мислення спеціаліста становлять його творчі здібності, тобто бачення проблем, гнучкість думки, здатність генерування ідеї, пошук аналогій, перенесення досвіду тощо. Кожній людині від природи притаманні певні здібності, які надалі необхідно постійно вдосконалювати. Розвиток людини – це розвиток здібностей для пізнання та створення нового, а не просто для освоєння певної суми готових знань.

Творчість являє собою складну психологічну діяльність людини і передбачає наявність вченого здібностей, мотивів, знань та вмінь, завдяки яким створюється об'єкт, що відрізняється новизною. Творчість є результатом розумової праці, яка дає повне задоволення людині тоді, коли її нова ідея втілюється в матеріальний або духовний продукт, стає надбанням суспільства і визнається фахівцями. Творчі здібності людини – сутнісна, родова характеристика, яка потребує реалізації та розвитку, що і забезпечує можливість її самореалізації. Творчій особистості властиве оригінальне бачення світу, здатність по-новому подивитися на звичні явища, проявити гнучкість мислення, поєднати його з

пізнавальною зацікавленістю, що веде до застосування в інтересах суспільства не використаних раніше можливостей.

Отже, творчість – це, насамперед, творіння життя, творіння умов для себе та інших, творіння себе самого. Реалізуючи свої здібності, людина створює, розвиває, змінює. При цьому, поряд зі стихійним формуванням творчих здібностей, вони можуть цілеспрямовано розвиватися під час навчання людини.

Як навчити науковій творчості? Які завдання ставити при цьому? Які умови створити для реалізації цих задач?

У першу чергу, необхідно широко застосовувати різноманітні відомі методики, націлені на становлення та удосконалення творчих навичок, формування творчо орієнтованої особистості, яка перебуває у постійному пошуку нового.

Встановлено, що професійний розвиток здійснюється на таких рівнях: самопізнання, саморозвиток і самореалізація. Той, хто починає навчатися, і спеціаліст відрізняються не тільки сумою знань, якими вони володіють, але і здатністю до осмислення та перероблення інформації.

Творити самого себе – це значить навчитися у кожному вчинку намагатися максимально виражати свою сутність, забезпечувати розвиток свого „Я” без приниження гідності інших. Самореалізація особистості можлива при виробленні здатності бути самою собою.

Тому в майбутнього фахівця, вченого мають формуватися вміння та навички самостійного аналізу і синтезу наявного матеріалу, відчуття нового, впевненості у своїх силах, намагання йти на обґрунтований ризик.

Процесу творчості властива інтуїція, раптове осяяння.

**Інтуїція** – це результат накопичених знань і досвіду у поєднанні з умінням застосовувати їх на практиці. Давно помічено, що осяяння виникає найчастіше у людей, яким

властива допитливість і зацікавленість у знаннях, багата уява і критичний погляд на себе та оточення.

Інтуїція спеціаліста виконує роль одного з механізмів творчості, оснований на здатності людини передбачити кінцевий результат без усвідомлення шляхів і умов його отримання.

Мислення, як процес пізнавальної діяльності людини, характеризується рівнем узагальнення, новизною використовуваних засобів і ступенем адекватності осмислення дійсності. Успішному вирішенню наукових задач і подоланню труднощів, що виникають на цьому шляху, сприяють:

- непереборне бажання виконати задумане;
- повна впевненість у своїх здібностях;
- тверде рішення досягти своєї мети.

Як відомо, для вирішення науково-прикладних задач і проблем, з одного боку, застосовуються істинні, об'єктивні наукові знання та досвід, а з другого, – суб'єктивні засоби організації знань та мислення конкретного спеціаліста.

Для того, щоб успішно користуватися суб'єктивними засобами вирішення задач, необхідно їх розуміти (знати можливості та обмеження) і вміти ними керувати. На сьогодні розробляються методи, що допомагають організувати розум і навіть волю вченого у пошуках рішення поставлених задач, спираючись на наукові знання.

Одним із напрямків вирішення таких проблем є вміння творчого перенесення наявних наукових знань і досвіду на нові проблеми та проблемні ситуації за допомогою таких основних засобів перенесення, як науково-прикладні поняття, схеми, закономірності.

**Поняття** – цілісна сукупність міркувань про відмінні ознаки досліджуваного об'єкта.

Існуючі психолого-педагогічні основи системи безперервного формування творчого мислення передбачають поетапне входження в теорію вирішення винахідницьких задач і поступове підведення дослідника до розв'язання науково-прикладних задач високого рівня творчості.

Особливу увагу при цьому надають активному підтриманню мислення із застосуванням комп'ютерних інтелектуальних систем.



## **1.4. Розуміння і творчість**

Розуміння – це духовна акція, якнайширше розповсюджена у сфері людської діяльності. Її призначенням є зняття відчуженості об'єктів, подій, явищ, які підлягають розумінню, та створенню у людини відчуття їх природності.

Наукове розуміння допомагає зняти протиріччя між універсальним абстрактним законом і конкретним об'єктом. Підтвердженням цього є можливість не тільки встановлювати закони на основі вивчення конкретних об'єктів, але й застосовувати ці закони для вивчення конкретних об'єктів.

Процес розуміння в науці ґрунтується на емпіричному і теоретичному рівнях пізнання, кожен із яких має свої специфічні методи дослідження. Емпіричне пізнання надає науці факти, фіксуючи при цьому стійкі зв'язки та закономірності навколишнього світу. Методами отримання емпіричного знання є спостереження і експеримент.

Якщо спостереження не вносить яких-небудь змін у реальність, що вивчається, то у межах експерименту, навпаки, досліджуване явище ставиться в особливі специфічні умови з метою виявлення його суттєвих характеристик і можливостей їх зміни під впливом зовнішніх факторів.

Важливим методом емпіричного дослідження є вимірювання, що дає змогу виявляти кількісні характеристики реальності, яка вивчається. Зібрана інформація піддається статистичній обробці, багаторазово відтворюється.

Джерела наукової інформації та способи її аналізу і узагальнення ретельно описуються, щоб будь-який вчений мав максимальні можливості для перевірки отриманих результатів. Пояснення аргументовано демонструє нам

осмисленість існування об'єкта або явища і дозволяє зрозуміти його.

Одночасно необхідно розуміти, що пізнання реальності неможливе без побудови теорії. Навіть емпіричне дослідження дійсності не може розпочатися без певної теоретичної установки.

Теоретичне пізнання дає можливість створити цілісне сприйняття дійсності, в рамках якого різноманітні факти вкладаються у деяку єдину систему. Отже, сутністю теоретичного розуміння є не лише опис та пояснення різноманіття фактів і закономірностей, виявлених під час емпіричних досліджень у певній предметній області, але й у бажанні вчених розкрити гармонію світу.

Тому теорії не з'являються як пряме узагальнення емпіричних фактів. Вони виникають внаслідок складної взаємодії теоретичного мислення та емпіричного пізнання реальності, внаслідок вирішення внутрішніх, чисто теоретичних проблем, взаємодії науки і практики в цілому.

Значну роль у пошуку ефективного опису реальності, що вивчається, та її пояснення під своїм особистим кутом зору відіграє філософія.

Вона сприяє виробленню у вченого інтуїції, актуалізує не тільки явне, зафіксоване знання, але й неявне, до певного часу не описане.

Філософія сприяє виведенню роботи вченого за межі стандартності і ремесла та перетворює її в дійсно творчу діяльність.

Послідовність процесу розвитку розуміння матеріалу, який вивчається, і творчості можна записати у вигляді певного ланцюга.

В цій схемі особливого значення набувають такі елементи:

- концентрація, включно з паузою, розслабленням і усвідомленням, потребує вміння акцентувати увагу на

наявному моменті, конкретних діях зараз і тут, без відволікання думок на інше.

- увага має ґрунтуватися на візуальній обробці та бути підкріплена емоційним сприйняттям при асоціації образів;

- пам'ять зміцнюється вербальною обробкою з логічним ув'язуванням інформації та обов'язково супроводжується особистими коментарями;

- знання формується шляхом упорядковування та класифікації матеріалу, що пройшов інтелектуальну обробку.

На всіх етапах важливим є засвоєння інформації під своїм особистим кутомзору. Для поглиблення та закріплення знань необхідні розуміння отриманої інформації, яке служить основою навчання, та пам'ять.

Замість того, щоб просто акумулювати факти і дані, треба навчитися роздумувати над ними та спробувати зрозуміти їх значення для себе особисто.

Повторний перегляд і використання знань забезпечує надійний запис та зберігання отриманої інформації. Необхідно також виробити постійну потребу в розумінні навколишнього світу.

Розуміння тісно пов'язане з творчістю. З одного боку, щоб добре творити, необхідно зрозуміти матеріал, а з другого – щоб добре зрозуміти матеріал, необхідно віднестись до нього творчо.

При цьому весь час необхідно націлювати свій розум на найсуттєвіше: орієнтувати його на конкретну задачу, її результат.

Кожна дослідницька функція цінна не лише тим, що створює передумови для виконання якоїсь іншої функції, але й сама по собі володіє певною самоцінністю.

Отже, описавши і пояснивши реальність, ми можемо зрозуміти її, передбачити, спрогнозувати. Передбачення – це

не прорив із сьогодні в майбутнє, а вихід за межі вивченого світу.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ

*Найкраща помилка та, якої  
допускаються у навчанні  
Г. Сковорода*

#### **2.1. Визначення методології науки**

Що таке методологія науки? Найкоротше визначення: методологія науки – це теорія побудови наукового знання та пізнання, тобто, вчення про принципи побудови, форми організації та способи наукового пізнання. Якщо це поняття розглядати більш глибоко, то ми вийдемо на наступне визначення методології науки.

**Методологія науки** – наукова дисципліна, що дає достатньо повне та придатне для використання знання про властивості, структури, закономірності виникнення, функціонування та розвитку систем наукового знання, а також про їх взаємозв'язки та застосування.

Методологія науки дає характеристику компонентів наукового дослідження – його об'єкта, предмета аналізу, задач дослідження (або проблем), сукупності дослідницьких засобів, необхідних для вирішення задачі такого типу, а також формує уявлення про послідовність плину думки дослідника під час вирішення задач [].

Найбільш важливими у застосуванні методології, що виникла та розвивається, є виявлення об'єкта і предмета досліджень, постановка наукової задачі або проблеми (саме тут найчастіше припускаються методологічних помилок, які призводять, наприклад, до висунення псевдопроблем, що суттєво ускладнює отримання результату), визначення (шляхом поєднання відомих елементів науково-методичного

апарату, а за необхідності, і за допомогою створення нових елементів, що доповнюють науково-методичний апарат науки) методу або побудова теорії вирішення наукової задачі (проблеми), яка розглядається, перевірка достовірності одержаних висновків, оцінка значимості обґрунтованих рекомендацій.

Методологія фактично є наукою в науці, якщо поняття наука використовувати у вузькому значенні, як систему знань, вчень, і містить такі складові елементи:

- власні емпіричні основи;
- теоретичні (методичні) основи методології;
- власні методологічні основи.

Методологія користується емпіричними і теоретичними (методичними) основами не тільки власними, але й всієї тієї науки, складовою частиною якої вона є.

**Емпіричні основи методології** складають:

- методологічні факти (факти, що мають суттєве відношення до практики створення та використання методів і теорій певної науки), які отримують за допомогою спостережень та експериментів;
- емпірико-методологічні гіпотези, концепції та співвідношення, що впливають зі згаданих фактів;
- емпірико-методологічні дані.

**Теоретичні (методичні) основи методології** складають:

- понятійний апарат методології;
- науково-методологічний (науково-методичний) апарат методології;
- теоретико-методологічні дані.

Науково-методологічний (науково-методичний) апарат методології являє собою набір засобів та прийомів опису, пояснення та передбачення властивостей методів і теорій певної науки, а також засобів та способів її практичної

реалізації в науковій діяльності у вигляді ідеалізацій, методологічних гіпотез і концепцій, побудованих із них теоретико-методологічних конструкцій, одержаних та накопичених на цій основі теоретико-методологічних даних, створених технічних засобів для проведення експериментів тощо.

**Емпірико-методологічні і теоретико-методологічні (методологічні) дані** – це сукупність методологічних основ і рекомендацій, якими повинна керуватися практика науки у відповідній предметній області.

Роль, яку відводять у конкретній науці теоріям (методам), у методології виконують методологічні теорії, що виникають у більш-менш розвиненому вигляді і мають аналогічну структуру.

**Методологічна теорія** охоплює:

- методи збору методологічних фактів;
- методи змістовного, формалізованого та формального опису фактів, а також властивостей методів (теорій) певної науки, що впливають з них, і процесів застосування цих методів (теорій);

- методи аналізу (оцінки, співставлення, порівняння, класифікації, упорядкування, ранжирування, систематизації) методів (теорій) у частині їх властивостей, застосування, а також методологічних фактів і факторів, які враховуються, одержуваних висновків і рекомендацій;

- методи побудови (синтезу) теорій і доказу методологічних висновків зі створення та застосування методів (теорій) певної науки, а також оцінки їх достовірності;

- методи побудови (синтезу), оцінки та оптимізації методологічних рекомендацій зі створення і застосування методів (теорій);

- методи інтерпретації та експериментальної

перевірки методологічних висновків і рекомендацій;

– методи техніко-економічної оцінки методологічних рекомендацій. Приклад методологічної теорії – теорія планування експерименту.

Результатом глибокого розвитку методології є виникнення метатеорій.

**Метатеорія** – теорія, що аналізує структуру, методи і властивості іншої теорії, – так званої змістовної теорії. При цьому фактичним об'єктом розгляду в метатеорії є, як правило, не сама по собі та або інша змістовна теорія, а її формальний аналог [1].

Методологія науки розглядає дуже широке коло питань. Ось деякі з них:

- будова та форма наукового знання;
- специфіка етапів наукового пізнання;
- закономірності розвитку наукового знання;
- класифікація та взаємозв'язок різних систем знання;
- співвідношення наукового та звичайного знання;
- методи наукового пізнання;
- тенденції розвитку знання (формалізація, математизація, комп'ютеризація тощо).

Отже, **предметом** вивчення в методології науки є наукове знання та процеси, в яких воно присутнє.

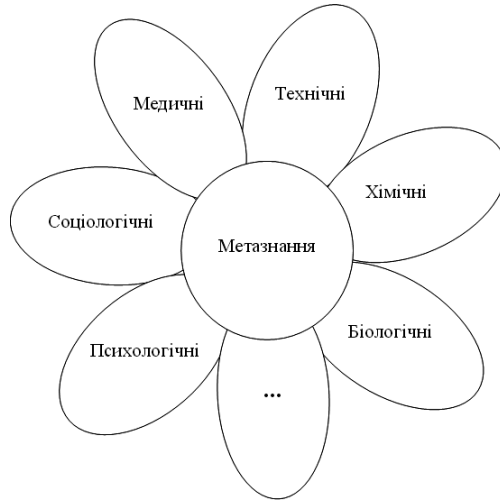
Головний результат методології науки – знання про те, як побудоване, змінюється, функціонує та застосовується наукове знання.

Особливістю сучасного наукового пізнання є зближення наукових дисциплін, їхня інтеграція.

Тенденція розвитку науки як цілого, як певної форми людської діяльності – рух до метанаукової закономірності або метазнання.



Сутність механізму метанаукової єдності знання можна образно уявити у вигляді моделі квітки, де пелюстки – окремі науки, а центр квітки – область метанаукового синтезу знань (рис. 2).



*Рис. 2. Метанаукова єдність  
знання*

У цій моделі науки спеціальні підходи представлені областями, але, разом із тим, у них є загальна область перетину, утворена множиною загальнонаукових методів і категорій.

Розкриття внутрішньої єдності всіх модифікацій творчого процесу – один із найцікавіших аспектів синтезу наук. Сьогодні вчені спрямовують свої зусилля на вироблення деякої загальної концепції творчості, що не зводиться ні до психологічного, ні до формально-логічного трактування творчого акту. Це розширює можливості

суб'єктивної та активної сторін синтезу наукових знань з різних професійних областей.

## **2.2. Складові частини методології**

Методологія наукового дослідження (творчості) містить такі складові частини:

- а) загальнофілософська;
- б) загальнонаукова;
- в) конкретна галузь науки.

**Загальнофілософська методологія** – це система загальних умов і орієнтирів пізнавальної діяльності при дослідженні природи, суспільства, мислення. Вчений з ґрунтовною філософською підготовкою впевнено почувається в дослідженні та створює наукову працю з цінними висновками і положеннями.

**Загальнонаукова методологія** – це напрямок, концепції та системи наукового знання, що мають універсальний характер і використовуються як засіб пізнавальної діяльності у різних галузях науки.

Загальнонаукова методологія забезпечує:

1. Наукове обґрунтування проблеми дослідження, яка може бути вирішена з отриманням нових наукових результатів.

2. Побудову нових предметів дослідження, наприклад, на стику об'єкта вивчення з іншими галузями знань, коли об'єкти однієї галузі науки коректно проєктуються на об'єкти іншої галузі.

3. Створення нових методів теоретичного та емпіричного дослідження, необхідних для нових наукових об'єктів.

4. Розроблення наукового апарата конкретного дослідження привизначенні сукупності необхідних наукових методів опису об'єкта з врахуванням досвіду застосування цих методів у різних галузях знань.

5. Коректне визначення нових елементів понятійного апарата у конкретній галузі знань, використання яких

виявляється продуктивним для науки і техніки.

6. Цілісність дослідження, коли кожна його частина може бути розкрита і пояснена лише через бачення усього цілого, а ціле може існувати лише на базі своїх складових, не допускаючи їх вилучення або надлишку.

7. Перевірку досягнутих наукових результатів із позиції їх істинності з застосуванням системи логічних доказів і зверненням до практики.

Третя, основна частина загальної методології наукової творчості – **методологія конкретної галузі наук**. Кожна галузь знань накопичує сукупність власних наукових об'єктів. У методології різних наук застосовуються різні методи, що враховують специфіку реальності, яка вивчається: *системний підхід, проектний метод, моделювання, емпіричний підхід, статистико-ймовірнісний метод* тощо.

### 2.3. Методи наукового пізнання

Теорія, науково обґрунтована і перевірена практикою, може виступати як функція методу при створенні інших теорій у конкретній галузі знань. Діалектичний матеріалізм учить, що метод об'єднує суб'єктивні та об'єктивні моменти пізнання.

**Метод – це спосіб досягнення мети.** Метод *об'єктивний*, тому що в розроблюваній теорії дозволяє відображати дійсність та її взаємозв'язки. Таким чином, метод є програмою побудови і практичного застосування теорії. Одночасно метод і *суб'єктивний*, тому що є знаряддям мислення дослідника та в якості такого містить у собі його суб'єктивні особливості. Розмежування методу теорії носить функціональний характер.

Теорія, як результат наукового дослідження, виконує свої звичайні задачі: пояснення, прогнозування, удосконалення практики, але використана для потреб побудови інших концепцій, вона фігурує вже як метод. Отже, методологія поглинає в себе методи наукового пізнання та дослідження. Методи наукового пізнання служать інструментом для добування фактичного матеріалу і є необхідною умовою досягнення поставленої мети.

Існують загальні методи наукового пізнання, які, на відміну від спеціальних методів, використовуються протягом усього процесу дослідження і в різних за предметом науках. Усі методи наукового пізнання умовно поділяють на три великі групи:

1. Методи емпіричного дослідження (спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент).
2. Методи, що застосовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях дослідження (абстрагування, аналіз і синтез, індукція та дедукція, моделювання тощо).
3. Методи теоретичного дослідження (перехід від

абстрактного до конкретного тощо).

На теоретичному рівні пізнання широко застосовуються логічні методи подібності, відмінності, супутніх змін, розробляються нові системи знань, розв'язуються задачі подальшого узгодження теоретично розроблених систем із накопиченим новим експериментальним матеріалом.

Розглянемо детальніше методи наукового пізнання, що використовуються під час проведення досліджень:

**Спостереження** – це спосіб пізнання об'єктивного світу, оснований на безпосередньому сприйнятті предметів і явищ за допомогою органів чуття без втручання в процес з боку дослідника. Спостереження, наприклад, візуальне або чуттєве, дає вихідну інформацію про світ, дозволяє познайомитися з характером змін у суспільстві, зі зносом інструмента, зміною шорсткості тощо.

**Порівняння** – це визначення подібності або відмінності між об'єктами (предметами, явищами) матеріального світу, здійснюване як за допомогою органів чуття, так і за допомогою спеціальних пристроїв. Внаслідок порівняння виникає те загальне, повторюване, що притаманне двом або декільком об'єктам, а це шлях до виявлення закономірностей і законів.

При цьому порівнювати необхідно за найбільш важливими, суттєвими для конкретної пізнавальної задачі ознаками.

При аналізі явищ і процесів у складних системах виникає потреба розглядати велику кількість факторів (ознак), серед яких важливо вміти виділяти головне за допомогою методу ранжування та виключення другорядних факторів, які суттєво не впливають на досліджуване явище.

Отже, цей метод допускає підсилення основних і послаблення другорядних факторів, тобто, розміщення факторів за певними правилами в ряд спадаючої або зростаючої послідовності за силою фактора.

**Розрахунок** – це знаходження числа, що визначає кількісне співвідношення однотипних об'єктів або їх параметрів, які характеризують ті або інші властивості.

**Вимірювання** – це процедура визначення точного числового значення деякої величини шляхом порівняння її з еталоном. Вимірювання дозволяє одержати кількісні відомості про навколишню дійсність.

**Експеримент** – одна зі сфер людської практики, в якій піддається перевірці істинність висунутих гіпотез або виявляються закономірності об'єктивного світу.

Під час експерименту дослідник втручається у процес вивчення з метою пізнання, при цьому одні умови досліджування ізолюються, інші вилучаються, треті підсилюються або послаблюються.

Експериментальне вивчення об'єкта або явища має певні переваги порівняно зі спостереженням:

а) дозволяє вивчати явища у „чистому вигляді” за допомогою знешкодження побічних факторів;

б) за необхідності досліди можуть повторюватися;

в) можна досліджувати окремі властивості об'єкта, а не їх сукупність.

**Узагальнення** – визначення загального поняття, в якому знаходить відображення головне, основне, що характеризує об'єкти даного класу. Це засіб для утворення нових наукових понять, формулювання законів і теорій.

Теоретичне осмислення будь-якого явища залежить, насамперед, від того, як вдало вибрано спосіб його узагальнення, а це потребує певного спрощення шляхом виділення головного за рахунок подробиць, відсторонення від вхідних зв'язків, спрощення шляхом відкидання другорядних деталей, тобто, подання у вигляді дещо схематизованої, часто умовної абстракції. Вся справа у тому, щоб зрозуміти, що у цьому явищі головне, а що другорядне, і усвідомити, які саме

спрощені умови застосовані, чітко сформулювати, якими подобицями при першому розгляді знехтували.

Шлях абстрагування необхідний при пошуку узагальнень – це такий відхід від поодиноких фактів, який допомагає не заблукати в них, а, навпаки, нащупати найбільш суттєве і головне. Пошук головного і є основою будь-якого наукового теоретизування. Теорія дає опорні ідеї для пошуків, експеримент дає дослідні дані, на яких будується інтерпретація фактів. Теорія подібна вищці, на якій розміщені прожектори, що освітлюють будівельний майданчик. Результат теоретика завжди може бути поглиблений, а результат експериментатора – уточнений.

**Абстрагування** – уявне відволікання від несуттєвих властивостей, зв'язків, відношень предметів і вичленення декількох сторін, що цікавлять дослідника. Воно, як правило, здійснюється протягом двох етапів. На першому етапі визначаються несуттєві властивості, зв'язки тощо. На другому етапі – досліджуваний об'єкт замінюють іншим, простішим, який являє собою спрощену модель, що зберігає головне в складному.

Процес абстрагування – це сукупність операцій, що ведуть до отримання знань про деякі сторони об'єктів (абстракцій). Прикладами абстракцій можуть служити поняття: суспільство, дерево, різець, процес тощо. Операції абстрагування тісно пов'язані з аналізом і синтезом.

**Аналіз** є методом наукового пізнання шляхом розчленування предметів дослідження на складові частини. Аналіз становить основу аналітичного дослідження.

**Синтез** – поєднання окремих сторін предмета в одне ціле.

Аналіз і синтез взаємопов'язані, вони являють собою єдність протилежностей. Розрізняють наступні види аналізу та синтезу:

- прямий, або емпіричний, метод (використовують



для виокремлення окремих частин об'єкта, знаходження його властивостей, найпростіших вимірювань тощо);

– зворотний або елементарно-теоретичний метод (який базується на уявленнях про причинно-наслідкові зв'язки різних явищ);

– структурно-генетичний метод (містить вичленення у складному явищі таких елементів, які мають вирішальний вплив на всю решту сторін об'єкта).

Метод **розчленування** запропонований французьким філософом і природодослідником Р. Декартом.

У трактаті „Правила для керівництва розуму” (правило XIII) він писав:

„Якщо ми розуміємо запитання, його врито звільнити від зайвого, звести до найпростішого та шляхом нумерації розділити на менші частини”.

Під час вичленення виділяються суттєві та несуттєві параметри, основні елементи і зв'язки між ними. Оскільки кожен об'єкт можна розчленувати різними способами, що суттєво впливає на проведення теоретичних досліджень, то, залежно від способу розчленування, процес вивчення об'єкта може спроститися або, при неправильному розчленуванні, навпаки - ускладнитися.

Після розчленування об'єкта вивчається вид взаємозв'язку елементів і здійснюється їх моделювання. Потім елементи об'єднуються у складну модель об'єкта.

На всіх етапах побудови моделі об'єкта здійснюється його спрощення і вводяться певні припущення. Останні повинні бути свідомими та обґрунтованими. Неправильні припущення можуть призвести до серйозних помилок при формулюванні теоретичних висновків.

При побудові моделі об'єкта дослідження необхідно використовувати найбільш загальні принципи та закономірності. Це дозволяє врахувати всі припущення,

прийнятті при отриманні формалізованих теорій, і точно визначити область їх застосування.

Метод **об'єднання** є протилежним до розчленування, але він також пов'язаний з ним комплексним підходом до вивчення об'єкта. Обидва методи часто об'єднують під назвою „загальна теорія систем” або „системологія”.

**Сходження від абстрактного до конкретного** являє собою загальну форму руху наукового пізнання, закон відображення дійсності в уяві. За цим методом процес пізнання ніби розбивається на два відносно самостійні етапи. Спочатку відбувається перехід від чуттєво-конкретного, від конкретного в дійсності до його абстрактного визначення.

При цьому єдиний об'єкт розчленовується, описується множиною понять і суджень, перетворюючись у сукупність зафіксованих мисленням абстракцій, однобічних визначень. Потім відбувається рух думки від абстрактних визначень (понять) об'єкта до конкретного його уявлення. На цьому етапі ніби відновлюється вихідна цілісність об'єкта, тобто, за всією своєю багатогранністю він відтворюється у думці (думкою).

Метод, що розглядається, являє собою процес пізнання, згідно з яким, мислення піднімається (рухається) від конкретного в дійсності до абстрактного у думці (в голові, у мозку) і від нього – до конкретного у мисленні.

**Формалізація** – відображення об'єкта або явища у знаковій формі будь-якої штучної мови (математики, кібернетики, хімії тощо) та забезпечення можливості дослідження різних об'єктів і їх властивостей через формальне дослідження відповідних знаків.

Наприклад, для автоматизації проектування певного процесу за допомогою комп'ютера необхідно здійснити його формалізацію, тобто, замінити (перетворити) змістовні речення формулами.

Формалізація забезпечує можливість створення універсальних алгоритмів і програм відносно форми та розмірів об'єктів процесу, характеру процесу тощо. Форма утворення процесу та його складових елементів подається за допомогою апарата математичної логіки; зміст процесу, що характеризується низкою властивостей його об'єктів, може бути виражений засобами теорії множин, а якісні відношення описуються кількісними залежностями за допомогою логічних функцій.

**Аксиоматичний метод** – спосіб побудови наукової теорії, за яким деякі твердження (аксіоми) приймаються без доказів і потім використовуються для отримання решти знань за певними логічними правилами. Загальновідомою, наприклад, є аксіома про паралельні прями, яка прийнята в геометрії без доведення.

**Аналогія** – метод наукового пізнання, завдяки якому досягається знання про предмети і явища на основі того, що вони подібні до інших. Ступінь вірогідності (достовірності) уявлень про аналогії залежить від кількості подібних ознак у порівнюваних явищах (чим їх більше, тим більшу достовірність має висновок, і вона збільшується, коли зв'язок вивідної ознаки з якої-небудь іншою ознакою відомий більш точно).

Одним із прикладів застосування аналогії в техніці може слугувати проведення паралелі між генетичною спадковістю живих організмів і впливом параметрів попередніх методів обробки на якість поверхні.

Аналогія тісно пов'язана з моделюванням або модельним експериментом. Якщо звичайний експеримент безпосередньо взаємодіє з об'єктом дослідження, то у моделюванні такої взаємодії немає, тому що експеримент проводиться не з самим об'єктом, а з його заміником, наприклад, в аналоговій обчислювальній машині дія

основана на аналогії диференційних рівнянь, що описують як властивості досліджуваного об'єкта, так і електронної моделі.

Відзначимо, що якщо деяка причина викликала те або інше явище, то природно чекати, що і наступного разу подібне явище буде викликане такою ж або подібною причиною.

Якщо під час проведення аналогії виявиться, що вона можлива або досить часто зустрічається, то цим самим виявиться те, що ми маємо справу не просто з подібними, а й з однаковими за природою, тобто, зі спорідненими, явищами, а подібне відкриття завжди є цінним для науки.

Аналогії небезпечні тільки тоді, коли дослідники не задумуються про те, де починаються відмінності, і тому не вміють вчасно зупинитися, щоб не переступити меж їх застосування.

Пошуки обставин, що викликають розбіжності, можуть бути корисними, оскільки краще пояснюють явище, націлюючи думку на першій стадії за подібністю, а на другій – за відмінностями.

Вивчаючи теорію електромагнітних явищ, переклавши на математичну мову диференційних рівнянь принципи Фарадея, Максвелл помітив вражаючу аналогію між математичною теорією електроструму і такою ж теорією світла.

Скептик міг би пройти повз цю аналогію, не звернувши на неї жодної уваги. Він міг би сказати, що ця аналогія випадкова, що вона залежить не від фізичної подібності явищ світла і струму, а лише від аналогічних прийомів математичного дослідження в обох випадках. Максвеллу аналогія двох математичних схем дала віру в обов'язкову необхідність існування зв'язку самих явищ природи, що вивчаються. Своє відкриття він зробив, не розв'язуючи диференційних рівнянь, а лише порівнюючи зовнішній вигляд формул електрики і світла.

Аналогіями користуються не лише для пошуку та відкриття нових явищ, але і для тлумачення менш відомих явищ за допомогою більш звичних.

Серед теоретичних методів дослідження особливе місце відводиться прийомам із теорії логіки роздумів. Зокрема, при формуванні або аналізі наукових текстів часто використовуються логічні закони: закон тотожності, закон протиріччя, закон виключення третього і закон достатності.

Відповідно до **закону тотожності**, предмет думки (мислення) у межах одного міркування повинен залишатися незмінним. Це значить, що в ході повідомлення всі поняття і роздуми повинні мати однозначний характер, що виключає двозначність і невизначеність. В будь-якому тексті ми маємо справу не з „чистою” думкою, а з єдністю її змісту і словесної форми.

В той же час зовнішньо однакові словесні конструкції можуть мати різний зміст (*омонімія*) і, навпаки, одна і та ж думка може бути виражена по-різному (*синонімія*). Перше припускає неправомірне ототожнення об'єктивно різного, а друге – помилкове розрізнення тотожного.

Найбільш розповсюджена логічна помилка в науковому тексті – підміна понять. Підміна поняття означає підміну предмета опису. Опис у цьому випадку буде відноситися до різних предметів, хоча вони будуть помилково прийматися за один предмет.

**Закон протиріччя** говорить: „Неправильно, що А і не А одночасно істинні”. Свідоме використання закону протиріччя у науковій роботі допомагає знайти і знешкодити протиріччя та пояснення фактам і явищам, виробити критичне відношення до будь-яких неточностей і непослідовностей у повідомленні наукової інформації.

Закон протиріччя звичайно використовується в доведеннях: якщо встановлено, що одне з протилежних міркувань істинне, то з цього випливає, що друге міркування

хибне. Підозра у протилежності є надзвичайно сильним аргументом проти будь-яких міркувань.

Але цей закон не діє, якщо ми що-небудь стверджуємо і це ж заперечуємо відносно одного і того ж предмета, який розглядається в різний час або в різному відношенні (з точки зору різних вимог).

**Закон виключення третього** стверджує, що з двох протилежних міркувань одне з них хибне, а інше істинне. Третього не дано.

Важливість дотримання цього закону для науковців полягає у тому, що він вимагає чітких, визначених відповідей, вказуючи на неможливість відшукання чого середнього між твердженням про що-небудь і запереченням цього ж самого.

**Закон достатності:** всяка істинна думка має достатнє підґрунтя. Тобто, всяке міркування повинно бути обґрунтоване. Цей закон допомагає відділити істинне від хибного і прийти до правильного висновку.

Значна частина наукової інформації має характер міркувань, виведених із інших міркувань. Логічним засобом отримання таких підсумкових знань є умовивід, тобто, уявна операція, через посередництво якої з деякої кількості заданих суджень виводиться інше судження, певним чином пов'язане з вихідним. При цьому всі умовиводи можна кваліфікувати як індуктивні та дедуктивні.

**Індукція** – це процес судження, котрий наводить на висновок, який при наявному стані знань є напевно істинним, але не гарантує цього.

**Дедукція** – процес виведення висновку, що гарантовано слідує, якщо вихідні припущення істинні та висновок на їх підставі є чинним.

Дедукція та індукція – методи пізнання, які широко використовують часткові методи формальної логіки. Це методи єдиної подібності (передбачається, що єдина подібна

обставина є причиною явища, яке розглядається нами), супутніх змін (зміна одного явища призводить до зміни другого, тому що обидва ці явища перебувають у причинному зв'язку), залишків (якщо відомо, що деякі сукупності певних обставин є причиною частини явищ, то залишок цього явища викликається рештою обставин).

Особливо характерними дедукціями є логічні переходи від загального знання до часткового. В усіх випадках, коли необхідно розглянути якесь явище на основі вже відомого загального принципу та зробити по відношенню до цього явища необхідний висновок, ми звертаємось до умовиводу у формі дедукції.

(„Всі люди смертні. Сократ – людина, отже, Сократ смертний”).

Думки, що ведуть від знання про частину предметів до загального знання про всі предмети певного класу, – це типові індукції, оскільки завжди залишається імовірність того, що узагальнення виявиться поспішним і необґрунтованим.

(„Сократ – філософ. Аристотель – філософ. Значить, усі люди – філософи”).

Змістом дедукції як методу пізнання є використання загальних наукових положень при дослідженні конкретних явищ. Індукція – сукупність пізнавальних операцій, внаслідок яких здійснюється плин думки від менш загальних положень до положень більш загальних. Різниця між індукцією та дедукцією у прямо протилежних напрямках ходу думки.

Узагальнюючи емпіричний матеріал, що поступово накопичується, індукція здійснює підготовку ґрунту для висування передбачень про причини досліджуваних явищ, а дедукція, теоретично обґрунтовуючи отримані індуктивним шляхом висновки, знімає їх гіпотетичний характер і перетворює в достовірне знання.

**Гіпотетичний метод** пізнання передбачає розробку наукової гіпотези на основі вивчення фізичної, хімічної, біологічної, соціальної тощо сутності досліджуваного явища за допомогою описаних вище способів пізнання і потім – формулювання гіпотези, складання схеми алгоритму (моделі), її вивчення, аналіз, розробку теоретичних положень.

При гіпотетичному методі пізнання дослідник часто застосовує ідеалізацію – уявне конструювання об'єктів, які практично нездійсненні (наприклад: ідеальний газ, абсолютно тверде тіло, абсолютно гармонійне суспільство тощо). Внаслідок ідеалізації реальні об'єкти позбуваються деяких властивих їм характеристик і набувають гіпотетичних властивостей.

В соціально-економічних і гуманітарних науках (а також і в технічних, природничих та ін.) часто використовують **історичний метод** пізнання.

Цей метод передбачає дослідження виникнення, формування та розвитку об'єктів у хронологічній послідовності, внаслідок чого дослідник отримує додаткові знання про об'єкт або явище, які вивчаються у процесі їх розвитку.



## 2.4. Роль класифікації у наукових дослідженнях

*Я бачив далі за інших, лише тому,  
що стояв на плечах велетнів*

І. Ньютон

Важлива роль у теоретичних побудовах і проведенні експериментальних досліджень належить **класифікації**. Це найдавніший і найпростіший науковий метод. Процес класифікації служить передумовою розробки теоретичних конструкцій, яким властива складна процедура визначення причинно-наслідкових відношень, що поєднують об'єкти, які класифікуються.

Важливо вміти пізнавати клас об'єктів, що стоять за окремим об'єктом. Визначити деякий клас об'єктів – це значить відшукати такі суттєві та загальні для всіх елементів характеристики, що визначають цей клас елементів.

Таким чином, класифікація – це виявлення тих менших елементів, що входять до складу більшого елемента (того самого класу).

Всі класифікації полягають у знаходженні того або іншого порядку.

Наука займається не окремими об'єктами як такими, а узагальненнями, тобто, класами і тими законами, відповідно до яких упорядковуються об'єкти, що утворюють класи.

Тому класифікація являє собою фундаментальний процес. Це, як правило, перший крок у розвитку відповідної наукової області. Найкраща теорія класифікації – та, що об'єднує найбільшу кількість фактів найпростішим із можливих способів.

Класифікація надає науковій роботі певну стрункність. Загальні **вимоги до класифікації** є такими:

1. Кожна класифікація може проводитися тільки на одній основі. Пропонуючи яку-небудь класифікацію, одразу необхідно уточнити, на якій основі вона вводиться в обіг.

Основа класифікації – це ознака, що дає можливість розділити всю сукупність об'єктів на види (частини цієї сукупності). Основа поділу в класифікації являє собою окрему ознаку або сукупність ознак, варіації яких дозволяють провести різницю між видами предметів, мислимих у подільному понятті.

**Найпоширеніша помилка при створенні класифікації – це зміна основи на одному з чергових етапів поділу.**

2. Кожен об'єкт може належати лише до одного підкласу.

3. Фігуранти класифікації повинні взаємно виключати один одного. Згідно з цією вимогою кожен окремий предмет має знаходитися в об'ємі інших видів. Не можна, наприклад, розбивати всі цілі числа на такі класи: числа, кратні 2; числа, кратні 3; числа, кратні 5 і т. д. Ці класи перетинаються, зокрема, число 10 належить і до першого, і в третього класу, а число 6 – і до першого, і до другого.

4. Поділ на підкласи повинен бути безперервним, тобто необхідно брати найближчий підклас і не перескакувати у більш віддалений підклас. При поділі необхідно переходити від вихідного поняття до видів одного порядку, але не до підвидів одного з таких видів.

Наприклад: державний устрій є демократичним, монархічним тощо, але не конституційно-монархічним, тому що конституційна монархія – це різновид монархії.

Іноді намагання конкретизувати класифікацію та зробити її більш жорсткою ускладнює основний поділ.

У популярній на початку ХХ ст. книзі „Великі люди” відомий організатор науки В. Оствальд поділив усіх видатних учених на типи, залежно від того, до якого з полюсів вони тяжіють за темпераментом. Кожен учений виявився певною мірою або „класиком”, або „романтиком”.

Пізніше почали розрізняти чотири полюси, за якими визначали типи вчених: „дослідник-одиначка”, „вчитель”, „винахідник”, „організатор”.

Деякі дослідники науки пропонували навіть 8 полюсів: *фанатик, піонер, діагност, ерудит, технік, естет, методолог, незалежний* [ ].

В цьому прикладі зростаюча деталізація надає класифікації штучності і надуманості: чим конкретнішою вона стає, тим важче вдається застосувати її до реальних представників науки.

Блискучим прикладом наукової класифікації є періодична система елементів Д.І. Менделєєва, що фіксує закономірні зв'язки між хімічними елементами і визначає місце кожного з них в єдиній таблиці. Вона дала можливість здійснювати прогнози відносно ще невідомих елементів.

Класифікація – особливий тип поділу поняття, що являє собою систему підпорядкованих і залежних понять, які відображають поділ предметів на класи за найсуттєвішими ознаками.

Ми вже знаємо основні логічні правила поділу:

- а) поділ повинен бути співрозмірним;
- б) у кожному акті поділу необхідно застосовувати лише одну основу; в) члени поділу повинні взаємно виключати один одного;
- г) поділ повинен бути послідовним.

Класифікація може бути *ієрархічною* або *матричною* (*фасеточною*).

Матричні класифікації створюються при виділенні більше однієї рівнозначної ознаки. Взагалі в класифікації предметна область ділиться за двома-трьома суттєвими ознаками.

При цьому бажано забезпечити якомога більше охоплення предметної області, що підлягає систематизації, її видимість і наочність.

Звичайно, при побудові класифікацій необхідно намагатися досягти логічної довершеності, але не потрібно поспішно відкидати все, що уявляється логічно не зовсім досконалим.

Іноді замість стрункого, що відповідає всім вимогам, поділу використовується просте групування предметів, які нас цікавлять. Воно може повністю відповідати поставленій практичній меті.

## 2.5. Послідовність проведення наукового дослідження

*Не достатньо мати лише добрий розум,  
головне – це раціонально застосовувати його*  
Р.Декарт

**Наукове дослідження** являє - це трудомісткий і складний процес, який потребує поєднання максимального напруження всієї енергії людини, її думок і дій при творчому, натхненному відношенні до своєї роботи.

Не дивлячись на те, що в науці відомі випадкові відкриття, розвиток ідеї до стадії вирішення задачі звичайно відбувається як плановий процес наукового пізнання. Тільки планове, добре оснащене сучасними засобами наукове дослідження дає змогу розкрити і глибоко пізнати об'єктивні закономірності у природі.

Загальну послідовність проведення наукового дослідження можна подати у такому вигляді:

1. Виявлення потреби в науковому дослідженні.
2. Постановка мети і конкретних задач дослідження.
3. Визначення об'єкта і предмета дослідження.
4. Вибір методу (методики) проведення дослідження.
5. Опис процесу дослідження.
6. Документування результатів досліджень і зберігання вихідних матеріалів.
7. Обговорення результатів дослідження.
8. Формулювання висновків і оцінка отриманих результатів.

Особливо важливо для дослідників-початківців навчитися виявляти наукову проблему та обґрунтовано визначати мету і задачі дослідження.

У найзагальнішому випадку **постановка задач наукового дослідження містить:**

1. Виявлення потреби у вирішенні конкретної

наукової задачі, тобто, потреби в зміні існуючої ситуації, у новому науковому знанні. Це може бути виконано на рівні формулювання адміністративного, суспільного або технічного протиріччя, коли відоме не дає змоги досягти бажаного ефекту. Після ретельного огляду літератури вченому необхідно будувати план розгортання повноцінного наукового дослідження для отримання оригінального рішення.

Створення наукової теорії – найбажаніша мрія кожного вченого і мета його наукової праці. При проведенні дослідження основна мета розпадається на підцілі, що впливають з неї та мають практичну цінність, утворюючи в сукупності наукову працю. Підцілі необхідно вірно розставити на свої місця, цим досягається ранжирування цілей і певна послідовність наукового пошуку.

2. Систематизація предметної області дослідження. Системність може бути досягнута через складання класифікації об'єктів дослідження. Класифікація не тільки робить дослідження системним, але й точно визначає ту наукову нішу, розробленням якої займається вчений.

3. Визначення умов і обмежень. Це дозволяє наблизити до реальності вирішення наукової задачі. Обмеження можуть бути в часі, матеріальні, інформаційні тощо. При цьому можна виявити особливості, які будуть відрізняти від інших розроблену концепцію, методологію, структуру, технологію, конструкцію тощо.

4. Визначення задач наукового дослідження. На цьому етапі дається формулювання задач наукового дослідження при деяких вихідних даних, обмеженнях і умовах у просторі та часі, матеріальних засобах, енергії та інформації. Саме обмеження, умови, вихідні дані перетворюють фантастичний проект у наукову задачу. Декілька сформульованих задач пов'язують з: різними аспектами загальної проблеми, необхідністю розвитку

теоретичних положень, проведенням досліджень, розробленням нових методів перевірок і контролю, формулюванням рекомендацій із застосування нових знань.

Відомий вчений І.П. Павлов так описував важкий процес наукового дослідження, особливо відмічаючи роль фактів у науці: „Привчіть себе до стриманості і терпіння. Навчіться робити чорнову роботу в науці. Вивчайте, зіставляйте, накопичуйте факти. Яким досконалим не є крило птаха, воно ніколи не змогло б підняти його вгору, не опираючись на повітря.

Факти – це повітря вченого. Без них ви ніколи не зможете злетіти. Без них ваші теорії – пусті потуги. Вивчаючи, експериментуючи, спостерігаючи, намагайтесь не залишитися на поверхні фактів. Спробуйте проникнути в таємницю їх появи. Наполегливо шукайте закони, що ними керують” [6].

5. Документування результатів досліджень та зберігання вихідних матеріалів. Принцип виваженого скептицизму (див. розд. 5) вимагає дбайливого збереження наукових матеріалів для можливої їх повторної перевірки. Ваші наукові дослідження, експерименти і числові дані можуть бути відтворені або реконструйовані лише в тому випадку, якщо доступні всі найважливіші етапи роботи.

Тому необхідне складання повних і точних звітів про свою роботу, які слід зберігати на випадок виникнення сумнівів з приводу опублікованих результатів і для можливої передачі інформації. Ще одна причина, внаслідок якої необхідно зберігати матеріали досліджень, полягає в тому, що будь-яка інформація – це загальне надбання (принцип відвертості наукових результатів). Необхідно зберігати лабораторні журнали із записами про структуру і результати експериментів, бланки лабораторних описів, ставитися до них, як до документів суворої звітності. Необхідно зберігати робочі таблиці вихідних даних в

електронному вигляді і не забувати робити до них докладні та вичерпні коментарі, а також резервні копії файлів. Після завершення роботи перед дослідником нерідко встає питання: „Що робити із зібраним матеріалом”?

По-перше, лабораторні журнали забезпечують науковість будь-якого дослідження, оскільки це його об’єктивна складова, яка дозволяє повторити роботу і провести верифікацію одержаних у процесі дослідження даних.

По-друге, в ході інших досліджень з лабораторних журналів може бути почерпнута наукова інформація, що міститься в них.

По-третє, з’являються нові методи дослідження, які можуть бути використані для вивчення старих результатів експериментів.



## РОЗДІЛ 3

### СИСТЕМНИЙ ПІДХІД, ЙОГО МІСЦЕ ТА РОЛЬ У НАУКОВОМУ ПІЗНАННІ. ПОНЯТТЯ СИСТЕМИ ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

*Хто добре запалився,  
той добре почав, а добре  
почати - це наполовину  
завершити.*

Г. Сковорода

#### 3.1. Системний аналіз в наукових дослідженнях

Аналіз (від грец. *αναλυσις* розклад, *аналіз*, англ. *analysis*, нім. *Analyse*) - розчленування предмета пізнання, абстрагування його окремих сторін.

Метод дослідження, який включає в себе вивчення предмета за допомогою уявного або реального розчленування його на складові елементи (частини об'єкта, його ознаки, властивості, відношення). Кожна із виділених частин аналізується окремо у межах єдиного цілого. Протилежне - синтез.

Синтез - процес з'єднання або об'єднання раніше розрізаних речей або понять в ціле або набір. Термін походить від грец. *Σύνθεσις* - поєднання, приміщення разом (*σύν* - з, разом *ίθεσις* - стан, місце). Синтез є способом зібрати ціле з функціональних частин як антипод аналізу - способу розібрати ціле на функціональні частини. Можливий синтез рішень.

Синтез в інженерії - побудова складних систем із задалегідь підготовлених блоків або модулів різних типів. Низькорівневе, глибоке структурне об'єднання компонентів різних типів.

Аналіз і синтез - могутні засоби людського пізнання і вивчення дійсності. Без аналізу і синтезу неможливі найелементарніші і найпростіші форми психічної діяльності - відчуття, сприйняття.

Метафізика протиставляє аналіз і синтез як методи, що взаємно виключають один одного.

Матеріалістична діалектика, навпаки, стверджує про єдність аналізу і синтезу, розглядаючи її як один з принципів наукового пізнання.

У процесі системного аналізу створюється абстрактна концептуальна система, котра описується з допомогою символів або інших засобів і є певною структурно-логічною конструкцією, мета якої – слугувати інструментом для розуміння, опису та більш повної оптимізації поведінки реальної системи, зв'язків і відношень її елементів. Такою абстрактною системою може бути математична, комп'ютерна, словесна (вербальна) модель або система моделей.

Отже, системний аналіз – це методологія дослідження таких властивостей і відношень в об'єктах, які складно спостерігати і важко розуміти за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді систем, і вивчення їх властивостей і зв'язків як відношень між цілями та засобами їх реалізації.

Термін “системний аналіз” переважно використовується для характеристики процедури проведення системного дослідження, що полягає в розчленуванні проблеми на її складові, які доступніші для вирішення, у використанні адекватних спеціальних методів для розв'язання окремих підпроблем і, зрештою, в об'єднанні часткових рішень таким чином, щоб проблема була вирішена загалом. Отже, системний аналіз передбачає не лише органічне поєднання аналітичного розчленування проблеми на частини та дослідження зв'язків і відношень між цими частинами, а й потребує розгляду цілей і завдань, загальних для усіх частин,

потім відповідно до одержаних результатів, - здійснення синтезу загального рішення із частковими рішеннями.

Систему в загальному розумінні можна розглядати як спосіб розв'язання певної проблеми, тобто як сукупність усіх необхідних знань, інформації, матеріальних засобів і способів їх використання, організації діяльності людей, що спрямована на розв'язання проблеми. Системний аналіз призначений для правильного вибору системного інструментарію з метою розв'язання поставленої проблеми. Оскільки мета системи формулюється, як правило, в загальних термінах, її необхідно конкретизувати і довести через послідовні рівні до конкретних критеріїв і показників. Таким чином, декомпозиція мети – одне з призначень системного аналізу.

Існують два підходи до трактування суті системного аналізу. Прихильники першого наголошують на формальних (найчастіше математичних) засобах опису системи: блок-схеми, мережеві графіки, математичні рівняння тощо. Другий підхід опертий на логіці системного аналізу; при цьому підкреслюється нерозривний зв'язок останнього з прийняттям рішень, які полягають у виборі певного оптимального напрямку дій серед декількох можливих альтернатив. У цьому випадку системний аналіз розглядається передусім як методологія пізнання й упорядкування, тобто так звана структуризація проблеми, котру слід вирішувати з використанням формальних методів і комп'ютерної техніки або без них.

Отже, його сутність полягає не у використанні математичних методів і процедур, а у співставленні альтернатив, за можливості, в кількісній формі, на основі певної логічної послідовності кроків, які можуть бути повторені та перевірені іншими дослідниками. При цьому системний аналіз дозволяє суттєво поглибити і розширити осмислення сутності системи, її структури, організації, цілей

і завдань функціонування, закономірностей розвитку, визначити оптимальні шляхи і методи управління.

Системний аналіз базується на таких методологічних принципах:

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

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

Системний аналіз дає змогу розкласти складну проблему на компоненти аж до постановки конкретних завдань, для яких існують методи їх реалізації, а, з іншого боку, зберігає цілісність цієї проблеми.

До основних особливостей системного аналізу можна віднести такі:

- розглядаються всі теоретично можливі альтернативні шляхи і засоби досягнення мети, оптимальна комбінація та поєднання різних методів і засобів;
- альтернативи оцінюються з позицій перспективи, зокрема для систем, які мають стратегічне значення;
- відсутні стандартні, строго детерміновані рішення;
- чітко розмежовуються різні точки зору при вирішенні однієї проблеми;

- застосовується підхід до проблем, для яких не повністю визначені вимоги щодо термінів реалізації та вартості;

- визнається принципове значення організаційних і суб'єктивних чинників у процесі прийняття рішень і відповідно до цього розробляються процедури широкого застосування якісних (логічних) міркувань в аналізі й узгодженні різних точок зору;

- особлива увага приділяється факторам ризику і невизначеності, їх оцінці й врахуванню при виборі оптимального рішення серед декількох можливих варіантів.

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

1) добре структуровані або кількісно визначені проблеми, в яких суттєві залежності виявлені та виражені у числах і символах (методологія дослідження операцій, математичні методи і моделі тощо);

2) неструктуровані або якісно визначені проблеми, що містять лише опис основних ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими зовсім не визначені (евристичні методи, інтуїтивні рішення);

3) слабо структуровані або змішані проблеми, котрі містять якісні та кількісні елементи, причому домінують якісні, мало визначені та невизначені сторони проблеми, до яких належать більшість соціальних, економічних, політичних, управлінських, технічних проблем.

Типовими є:

- перспективні (стратегічні) проблеми, що повинні вирішуватись у майбутньому; проблеми, які характеризуються широким набором альтернатив;

- проблеми, котрі вимагають значних ресурсів і містять елементи ризику;

- проблеми, що мають складну внутрішню структуру;

- проблеми, для яких не повністю визначені вимоги щодо вартості і часу.

Саме ці проблеми є основною сферою застосування системного аналізу.

В сучасних умовах системний аналіз базується на реалізації певної сукупності системних принципів, до яких належать такі:

- принцип оптимальності – це визначення, обрання варіанта рішення, який є найкращим за комплексом показників для заданих умов. Завдання полягає не в тому, щоб знайти рішення, краще від існуючого, а в тому, щоб знайти найкраще зі всіх можливих рішень;

- принцип емерджентності - виражає таку властивість системи: чим більша система і чим більша різниця між розмірами частини та цілого, тим вищою є імовірність, що властивості цілого дуже відрізняються від властивостей частин. Цей принцип підкреслює можливість розбіжності локальних оптимумів цілей окремих частин з глобальним оптимумом цілі всієї системи;

- принцип системності передбачає підхід до об'єкта як до комплексного утворення, системи, що представлена сукупністю взаємопов'язаних часткових елементів (функцій), реалізація яких забезпечує досягнення певного ефекту в мінімальні терміни, з мінімальними витратами ресурсів тощо. Він передбачає дослідження об'єкта, з одного боку, як єдиного цілого, а з другого – як частини більшої системи, в якій досліджуваний об'єкт взаємодіє з іншими системами;

- принцип ієрархії – це тип структурних відносин у складних багаторівневих системах, які характеризуються впорядкованістю, організованістю взаємодії між окремими рівнями по вертикалі. Під ієрархією системи розуміють розташування її підсистем або елементів за певним порядком від вищого до нижчого. Ієрархічні відносини існують у багатьох системах, для яких характерна як структурна, так і

функціональна диференціація, тобто здатність реалізувати певне коло функцій. На вищих рівнях здійснюються функції інтеграції, узгодження.

Етапи системного аналізу:

1 етап. Аналіз проблеми. Визначення проблеми. Точне формулювання проблеми. Аналіз логічної структури проблеми. Аналіз розвитку проблеми (в минулому і майбутньому). Визначення зовнішніх зв'язків проблеми. Виявлення принципової можливості вирішення проблеми.

2 етап. Визначення системи. Специфікація завдання (формулювання завдання). Визначення позиції дослідника. Визначення об'єкта. Виокремлення елементів (визначення меж розчленування системи). Визначення середовища.

3 етап. Аналіз структури системи. Визначення рівнів ієрархії. Визначення підсистем. Визначення процесів і функцій. Визначення процесів управління і каналів інформації. Визначення зв'язків і функцій поточної діяльності (рутинних) і розвитку (цілевих).

4 етап. Формулювання загальної цілі та критерію системи. Визначення цілей, вимог надсистеми. Визначення цілей та обмежень середовища. Формулювання загальної цілі. Формулювання загального критерію. Декомпозиція цілей і критеріїв за підсистемами. Композиція загального критерію з критеріїв підсистем.

5 етап. Декомпозиція цілі, виявлення потреби у ресурсах і процесах. Формулювання цілей вищого рангу. Формулювання цілей у підсистемах. Формулювання цілей ефективності. Формулювання цілей розвитку. Формулювання зовнішніх цілей та обмежень. Виявлення потреб у ресурсах і процесах.

6 етап. Виявлення ресурсів і процесів, композиція цілей. Оцінка існуючих технологій і потужностей. Оцінка сучасного стану та наявності ресурсів. Оцінка реалізованих і запланованих проєктів. Оцінка можливостей взаємодії з

іншими системами. Оцінка соціальних проєктів. Композиція цілей.

7 етап. Прогноз та аналіз майбутніх умов. Аналіз стійких тенденцій розвитку системи. Прогноз розвитку і зміни середовища. Передбачення появи нових факторів, які впливають на розвиток системи. Аналіз ресурсів майбутнього. Комплексний аналіз взаємодії факторів майбутнього розвитку. Аналіз можливих змін цілей і критеріїв.

8 етап. Оцінка цілей і засобів. Розрахунок кількісних оцінок з визначеного критерію. Оцінка взаємозалежностей цілей. Оцінка відносної важливості цілей. Оцінка дефіцитності і вартості ресурсів. Оцінка впливу зовнішнього середовища. Розрахунок комплексних (інтегральних) оцінок.

9 етап. Відбір варіантів. Аналіз цілей на сумісність. Перевірка цілей на повноту. Відсікання надлишкових цілей. Планування варіантів досягнення окремих цілей. Оцінка і порівняння варіантів. Сполучення комплексу взаємопов'язаних варіантів.

10 етап. Діагноз існуючої системи. Моделювання технологічних та економічних процесів. Розрахунок потенційних і фактичних потужностей. Аналіз втрачених потужностей. Виявлення недоліків організації виробництва й управління. Виявлення заходів із удосконалення організації.

11 етап. Розробка комплексної програми розвитку. Розробка програм, проєктів, заходів. Визначення черговості цілей та заходів із їх досягнення. Розподіл сфер діяльності. Розподіл сфер компетенції. Розробка комплексного плану заходів з урахуванням обмежень за ресурсами і часом. Розподіл заходів між відповідальними організаціями, керівниками та виконавцями.

12. Проектування організації для досягнення цілі. Визначення цілей організації. Формулювання функцій організації. Проектування організаційної структури.



Проектування інформаційної підсистеми. Проектування режимів роботи. Проектування соціальної підсистеми.

### **3.2. Методи морфологічного аналізу і синтезу**

Методи морфологічного аналізу і синтезу широко застосовують під час розв'язування задач, пошуку нових науково-технічних рішень, а також у винахідницькій практиці. Розроблені та впроваджені в навчальний процес ряду вищих навчальних закладів і технічних університетів алгоритми програмного морфологічного аналізу і синтезу, які призначені для реалізації функціонально-змістовного принципу системного підходу до найбільш актуальних задач у галузі інженерної педагогіки.

Морфологічний аналіз і синтез є найбільш розповсюдженими методами інженерно-технічної творчості, які базуються на класифікації та систематизації. Морфологічний аналіз полягає в тому, що під час розгляду та вирішення будь-якої проблеми виділяють певну кількість найбільш характерних для неї функціональних або структурних морфологічних ознак, що дають змогу визначити варіанти пошуку цих ознак. Для кожної морфологічної ознаки складають список конкретних варіантів вирішення. Варіанти морфологічних ознак будуються у вигляді морфологічної таблиці або “морфологічної матриці”. Термін “морфологічний” пояснюється тим, що варіанти ознак визначаються, як правило, літерами якої-небудь абетки, наприклад, української мови. Перебираючи всілякі поєднання варіантів, можна виявити нові розв'язання, які при простому переборі можуть бути втрачені. Певна річ, що пошук найбільш доцільних варіантів необхідно проводити з застосуванням ЕОМ.

Для проведення морфологічного аналізу необхідне точне формулювання проблеми для обраної системи. У результаті дається відповідь на більш загальне питання за допомогою пошуку всіляких варіантів приватних рішень,

незалежно від того, що у вихідній задачі мова йшла тільки про одну конкретну систему.

Основні етапи застосування методу.

1. З'ясовують мету завдання - пошук варіантів функціональних схем або принципів дії, або структурних схем, як конструктивних різновидів розроблюваної системи. Можливе дослідження одночасно за кількома ознаками.

2. Виділяють вузлові точки (осі, окремі частини завдання), які характеризують систему, що розробляється, з позиції раніше сформульованої мети. Це можуть бути приватні функції підсистем, принципи їх роботи, їх форма, розташування, характеристики та властивості (стан речовини і енергії, вид скоєного руху, фізичні, хімічні, біологічні, психологічні, споживчі властивості і т. ін.).

Зручно заздалегідь (припустимо, з аналізу аналогічної системи) побудувати відповідну блок-схему (функціонування, принципу дії, структурну схему), елементи якої і утворюють вузли. Кількість вузлів зазвичай вибирається з умови видимості і реальності аналізу одержуваних згодом варіантів: при ручній обробці - 4 ... 7 вузлів, при роботі на комп'ютері - в межах фізичної можливості обчислювальної техніки та відведеного на вирішення завдання часу.

Зручно завдання вирішувати в ряд етапів: спочатку за обмеженим числом найбільш важливих вузлових точок, а потім - для додаткових, другорядних або виявлених в ході аналізу (що представляють інтерес) нових вузлів.

3. Для кожної вузлової точки пропонуються варіанти рішень: або виходячи з особистого досвіду (залежить від ерудиції), або беручи їх з довідників і банків (баз) даних (тобто на кожен вісь нанизуються можливі рішення, за аналогією з рахунками).

Варіанти повинні охоплювати всю область можливих рішень для даної вузлової точки. Але щоб завдання було

осяжним, рекомендується спочатку виділяти укрупнено-загальнені групи варіантів, які за необхідності згодом конкретизуються. Варіанти можуть бути не тільки реальні, а й фантастичні.

4. Проводять повний перебір всіх варіантів рішень (щоразу беруть по одному варіанту для кожної осі) з перевіркою комбінацій на відповідність умовам завдання, на несумісність окремих варіантів у пропонованій їм загальній групі, на реалізацію і інші умови. За необхідності для вибраних рішень можна повторити морфологічний аналіз, конкретизуючи вузли (осі) і варіанти.

Морфологічний аналіз зручніше і наочніше проводити із застосуванням морфологічних таблиць (ящиків). Формальне комбінування варіантів створює враження автоматизму у застосуванні методу.

Проте його евристична природа досить істотна і залежить від таких суб'єктивних факторів: інтуїтивне виділення вузлів та їх ознак, складу варіантів. Відсутність впевненості, що враховані всі (і особливо, перспективні) вузли і варіанти. Конкретне рішення є наслідком аналізу, перегляду комбінацій, виникнення продуктивних асоціацій і образів.

**Мета технічного аналізу** – обґрунтування технічної здійснюваності проекту та визначення рівня його капітальних і поточних витрат.

Основним завданням технічного аналізу є розробка функціональної схеми та фізичного плану промислового підприємства, необхідних для випуску конкретної продукції, а також визначення величини інвестиційних та експлуатаційних затрат.

Різноманітність технологій, видів сировини та обладнання ускладнює типізацію технічного аналізу інвестиційного проекту. Наведений перелік питань технічного аналізу базується на наступному:

1. Місце розташування та масштаб проекту.
2. Виробничі потужності.
3. Вибір технології.
4. Вибір обладнання.
5. Організація підготовки й здійснення проекту.
6. Графік виконання проекту та схема підприємства.
7. Підготовка та освоєння виробництва.
8. Матеріально-технічне постачання.
9. Розрахунок витрат на виконання проекту та поточних витрат виробництва і збуту.
10. Забезпечення якості.

### **3.3. Повнофакторний експеримент**

#### **Експеримент типу $2^k$**

Повним факторним експериментом (ПФЕ) називається такий експеримент, під час реалізації якого визначається значення параметра оптимізації за всіх можливих поєднаннях рівнів варіювання факторів. Якщо ми маємо справу з  $k$  факторами, кожний з яких може встановлюватися на  $q$  рівнях, то для того, щоб здійснити повний факторний експеримент необхідно поставити  $N = q^k$  дослідів.

Найбільшого розповсюдження набули експерименти, в яких фактори варіюють на двох рівнях, тобто експерименти типу  $2^k$ . Менш популярні експерименти типу  $3^k$ , оскільки із зростанням числа рівнів факторів різко зростає кількість дослідів.

Планування, проведення і обробка результатів ПФЕ складається з таких обов'язкових етапів: кодування факторів; складання план-матриці експерименту; рандомізація дослідів; реалізація плану експерименту; перевірка відтворюваності дослідів; перевірка адекватності лінійної моделі; оцінка значущості коефіцієнтів регресії.

Проілюструємо порядок проведення ПФЕ простим прикладом. Досліджується процес дистиляції сировини в апараті періодичної дії. Мета дослідження - визначити залежність виходу продукту (у відсотках від завантаженої в агрегат сировини) від швидкості і кінцевої температури нагрівання сировини. Вивчення наявних відомостей про процес дало змогу встановити технологічно розумні межі, в яких можуть змінюватися фактори: кінцева температура - від 250 до 450° С; швидкість нагрівання - від 3 до 10°С/хв.

**Кодування факторів** необхідне для перекладу натуральних факторів (температури та швидкості нагрівання) в безрозмірні величини, щоб мати нагоду побудувати стандартну ортогональну план-матрицю експерименту. Для

перекладу натуральних змінних в кодові  $X_i$  заповнюють таблицю кодування змінних на двох рівнях (табл. 3.1). Як нульовий рівень факторів звичайно вибирають центр інтервалу, в якому передбачається вести експеримент. В промислових умовах нульовий рівень відповідає значенням факторів при існуючому технологічному процесі.

*Таблиця 3.1. – Кодування факторів*

Інтервал варіювання і рівень факторів	Кінцева температура, °С	Швидкість нагріву, °С /хв
Нульовий рівень $x_I=0$	350	6
Інтервал варіювання $\tilde{\theta}_i$	50	2
Нижній рівень $x_I=-1$	300	4
Верхній рівень $x_I=+1$	400	8
Кодове позначення	$x_I$	$x_2$

*Таблиця 3.2. – План – матриця ПФЕ типу  $2^2$*

Дослід	$x_2$	$x_3$
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

При виборі інтервалу варіювання справа йде дещо складніше. Часто, особливо під час оптимізації процесу, спочатку доцільно описати його лінійним рівнянням, і тому

інтервал варіювання має бути достатньо малим для отримання лінійного рівняння, але разом з тим достатньо великий, щоб не отримати помилкового висновку про незначущий вплив котрогось із факторів.

Зв'язок між кодовим і натуральним виразом фактора задається формулою

$$xi = \frac{Xi - Xi_{\phi}}{\delta_i}, \quad (3.1)$$

де  $X_i$  - натуральне значення фактора;  $X_{i\phi}$  - значення  $i$ -го фактора на нульовому рівні;  $\delta_i$  - інтервал варіювання  $i$ -го фактора.

**Складання план-матриці експерименту** здійснюється таким чином: наприклад, для  $x_1$  рівні чергують в кожному досліді, для  $x_2$ - через два досліді, для  $x_3$ - через чотири і т.д. План-матриця для даного прикладу приведена в табл. 2.2.

План експерименту, приведений в табл. 2.2 та рис. 3.1, називають ортогональним планом першого порядку. Основною перевагою такого плану є роздільна (незалежна) оцінка коефіцієнтів регресії.

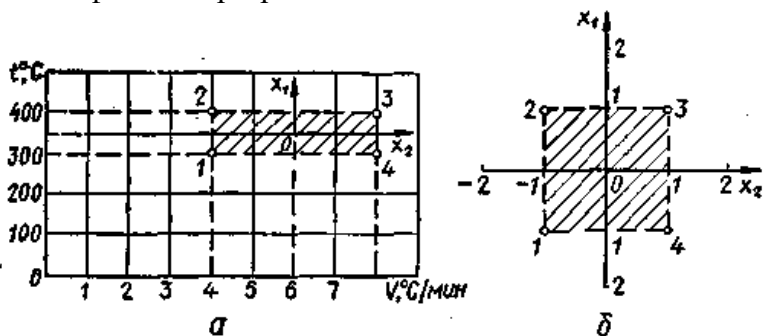


Рис. 3.1. Розміщення дослідів експерименту типу  $2^2$  в системі координат:

$a$  — натуральних;  $b$  — кодованих змінних



**Рандомізація дослідів.** Природно, що на процес дистилляції впливають не лише  $x_1$  і  $x_2$ , але і ще ряд чинників, які можуть бути взагалі невідомі досліднику. Для того, щоб внести елемент випадковості впливу цих факторів на результат експерименту, а це необхідно для обґрунтованого використання апарату математичної статистики, встановлюється випадковий порядок постановки дослідів в часі. Ця процедура і називається рандомізацією. Для її здійснення користуються таблицями випадкових чисел, за допомогою яких виконують нібито витягання номерів з урни.

В даному прикладі отримали таку послідовність проведення дослідів: 2, 3, 1, 2, 4, 1, 3, 4. В цій послідовності кожне поєднання рівнів (номери дослідів) зустрічається двічі. Паралельні досліді передбачаються для оцінки відтворності процесу і проведення статистичних оцінок.

**Реалізація плану експерименту** представлена в табл. 3.3. Приведений план експерименту є розширеною матрицею, оскільки введено стовпець  $x_1x_2$ , що дозволяє оцінити коефіцієнт регресії при взаємодії факторів.

*Таблиця 3.3 – Умови та результати дослідів*

Дослід	$x_1$	$x_2$	$x_1 x_2$	$y_{u1}$	$y_{u2}$	$\bar{y}_u = \frac{y_{u1} + y_{u2}}{2}$
1	-1	-1	+1	27,0	28,0	27,5
2	+1	-1	-1	15,9	17,1	16,5
3	-1	+1	-1	22,1	22,9	22,5
4	+1	+1	+1	13,4	13,6	13,5

**Перевірка відтворюваності дослідів.** При однаковому числі паралельних дослідів на кожному

поєднанні рівнів факторів відтворюваність процесу перевіряється за критерієм Кохрена:

$$G = \frac{S_u^2 \max}{\sum_{u=1}^n S_u^2} \leq G_{(0,05; f_n; f_u)}, \quad (3.2)$$

де  $s_u^2 = \frac{\sum_{p=1}^m (y_{up} - \bar{y}_u)^2}{m-1}$  - дисперсія, що характеризує

розсіяння результатів дослідів на  $u$ -му поєднанні рівнів факторів;  $p = 1, 2, \dots$ ;  $m$  - число паралельних дослідів;  $s_{u \max}^2$  - найбільша з дисперсій в рядках плану;  $G_{(0,05; f_n; f_u)}$  - табличне значення критерію Кохрена при 5%-ному рівні значущості;  $f_n = n$  - число незалежних оцінок дисперсії (кількість дослідів);  $f_u = m - 1$  - число ступенів вільності кожної оцінки.

Процес вважається відтворюваним, якщо виконується нерівність (2). При цьому дисперсія відтворюваності (помилка досліду) визначається за формулою

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^n S_u^2}{n}, \quad (3.3)$$

Якщо нерівність (3.2) не виконується, то необхідно вжити заходів до уточнення вимірювань в досвіді з максимальною дисперсією.

В цьому прикладі (див. табл. 3.3) виконували по два визначення величини  $u$ . Тому значення оцінок дисперсії в кожній точці плану можна розрахувати за формулою

$$S_u^2 = \frac{\Delta^2}{2}, \quad (3.4)$$

де  $\Delta$  - різниця між результатами паралельних дослідів. Таким чином

$$S_1^2 = \frac{(27,0-28,0)^2}{2} = 0,50; \quad S_3^2 = \frac{(15,9-17,1)^2}{2} = 0,72.$$

Аналогічно:

$$S_3^2 = 0,32 \quad \text{і} \quad S_4^2 = 0,02.$$

Процес відтворюється, оскільки нерівність (3.2) виконується:

$$G = \frac{0,72}{0,50 + 0,72 + 0,32 + 0,02} = 0,4615 < G_{(0,05;4;1)} = 0,9065$$

При цьому дисперсія відтворюваності (похибка дослідіду)

$$S_y^2 = \frac{0,50+0,72+0,32+0,02}{4} = 0,39, \quad (3.5)$$

У випадку відтворюваності процесу розраховують коефіцієнти регресії

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i}{n}; \quad (3.6)$$

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i x_{iu}}{n}; \quad (3.7)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i x_{iu} x_{iu}}{n}, \quad (3.8)$$

Для розглянутого прикладу

$$b_0 = \frac{27,5+16,5+22,5+13,5}{4} = 20 \quad (3.9)$$

$$b_1 = \frac{-27,5 + 16,5 - 22,5 + 13,5}{4} = -5 \quad (3.10)$$

аналогічно  $b_2 = -2$  та  $b_{12} = 0,5$ .

Тоді рівняння у кодованих значеннях  $x_1$  і  $x_2$  без урахування  $x_{1x_2}$  буде

$$y = 20 - 5x_1 - 2x_2 \quad (3.11)$$

**Перевірка адекватності лінійної моделі** виконується за допомогою критерію Фішера. Адекватність обґрунтована, якщо виконується нерівність

$$F = \frac{S_{\text{адек}}^2}{S_y^2} \leq F_{(0,05; f_{\text{адек}}; f_g)} \quad (3.12)$$

де  $s_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^n (y_u - \bar{y}_u)^2}{n - k - 1}$ ;  $y_u$  – розрахункове значення відгуку в  $u$ -му досліді з використанням отриманого рівняння регресії (3.3) у кодовому варіанті;  $F_{(0,05; f_{\text{ад}}; f_y)}$  – критерій Фішера (табличне значення) при 5%-му рівні значимості;  $f_{\text{ад}} = n - k - 1$  – число ступенів вільності дисперсії адекватності;  $f_y = n$  – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності.

Перевірка адекватності виконується у такій послідовності. За рівнянням (3.3) визначають всі розрахункові значення  $y_u$  з використанням кодових значень  $x_1$  та  $x_2$ , тобто +1 або -1. Використовуючи останній стовпчик табл. 3.3 та значення  $y_u$ , заповнюють табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Перевірка адекватності лінійної моделі

Дослід	$\bar{y}_u$	$y_u$	$(\bar{y}_u - y_u)^2$
1	27,5	27,0	0,25
2	16,5	17,0	0,25
3	22,5	23,0	0,25
4	13,5	13,0	0,25

Після перевірки на адекватність переходять до наступного етапу математичної обробки.

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

$$|b_i| \geq \Delta b_i = t_{(0,05; f_y)} \frac{S_y}{\sqrt{n}}, \quad (3.13)$$

де  $t_{(0,05; f_y)}$  – 5% - на точка розподілу Стюдента з  $f_y = n$  ступенями вільності.

Для прикладу, який розглядається

$$\Delta b_i = 2,7764 \frac{\sqrt{0,39}}{\sqrt{4}} = 0,8669, \quad (3.14)$$

Всі отримані за розрахунками коефіцієнти регресії значущі, крім  $b_{12} = 0,5$ .

Незначущий коефіцієнт при чиннику означає, що цей чинник не впливає (або впливає незначно) на параметр оптимізації. Проте на величину коефіцієнта регресії впливає не лише цей чинник, але також вибраний інтервал варіювання. Це значить, що при дуже вузьких межах зміни чинника в експерименті його внесок в зміну параметра оптимізації може бути дійсно дуже малим, що зовсім не свідчить про його незначущий вплив. Тому статистичний сигнал про незначущість

чинника повинен бути по можливості перевірений або хоча б обговорений з технологічної точки зору.

У разі неадекватності лінійної моделі можна спробувати перевірити адекватність неповного квадратного рівняння:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 \quad (3.15)$$

Проте для такої перевірки немає ступенів вільності, оскільки число дослідів збігається з числом певних коефіцієнтів регресії. В цьому випадку план експерименту називають насиченим.

Вихід з цього положення - додаткові досліді. Звичайно додаткові досліді ставляться в центрі експерименту, тобто коли всі фактори знаходяться на нульовому рівні. Це дає можливість виконати непряму оцінку сумарного ефекту квадратичних членів.

При розроблені планів для різних значень  $k$  привертає увагу та обставина, що включення кожного нового фактора приводить до подвоєння числа дослідів в плані: при  $k = 6$  число дослідів  $n = 64$ , при  $k = 7$   $n = 128$  і т.д. Реалізація таких планів стає важкою, дорогою і вимагаючою великих витрат часу. Ефективність повного факторного експерименту помітно знижується. Ця обставина привела до ідеї дробового факторного експерименту.

### **3.4. Дробовий факторний експеримент**

Навіть наймізерніша інформація про процес дає можливість припустити, що деякі з взаємодій факторів незначущі в тій обмеженій частині факторного простору, в якій передбачається проведення експерименту. У вузьких межах експериментування поверхня відгуку може бути в дуже багатьох випадках представлена поліномом другого

ступеня. При цьому модель процесу повинна мати відмінні від нуля коефіцієнти при лінійних членах  $b_i$ , парних взаємодіях  $b_{ij}$  і квадратичних членах  $b_{ii}$ .

Якщо вплив деякої взаємодії признається малим, яким можна нехтувати, то природно, що коефіцієнт регресії при такій взаємодії значущо не відрізнятиметься від нуля. Це дозволяє використовувати відповідний стовпець розширеної матриці для оцінки впливу додаткового фактора.

Пояснимо сказане на прикладі. Оскільки відомо, що взаємодія кінцевої температури нагрівання  $x_1$  і швидкості нагрівання  $x_2$  не значущо, скористаємося цією обставиною для перевірки впливу на процес дистиляції сировини ще одного, третього чинника - ізотермічної витримки при кінцевій температурі  $x_3$ .

План експерименту залишається таким же, яким він наведений в табл. 3.3, з тією лише різницею, що стовпці  $x_1$  й  $x_2$  означає рівні фактору  $x_3$  (табл. 3.5).

*Таблиця 3.5 - План дробового факторного експерименту типу  $2^{3-1}$*

Дослід	$X_1$	$X_2$	$X_3 = X_1 X_2$
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

В табл. 3.5 представлено чотири досліди, за якими можна оцінити вплив трьох лінійних ефектів. У випадку, коли  $k = 3$ , необхідно було б при використанні повного факторного експерименту виконати вісім дослідів, тобто у два рази більше. Якщо розширити матрицю планування, яка наведена у табл. 3.5, до такої, що наведена в табл. 3.6, то при порівнянні стовпців можна зробити певні висновки.

Таблиця 3.6 - Розширена матриця планування факторного експерименту  $2^{3-1}$  (піврепліка)

Дослід	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$
1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Стовпець  $X_2 X_3$  повністю повторює стовпець  $X_1$ ; стовпець  $X_1 X_3$  точно такий, як стовпець  $X_2$ ; стовпець  $X_1 X_2$  має ті ж ознаки, що і стовпець  $X_3$  і, нарешті стовпець  $X_1 X_2 X_3$  відповідає так званій фіктивній змінній, яка використовується для визначення вільного члена  $b_0$ .

Якщо коефіцієнти при взаємодіях не дорівнюють нулю, то визначені коефіцієнти регресії будуть оцінками дії сумісних ефектів (табл. 3.6):

$b_1$  буде оцінювати сумісну дію факторів  $X_1$  та  $X_2 X_3$ ;

$b_2$  буде оцінювати сумісну дію факторів  $X_2$  та  $X_1 X_3$ ;

$b_3$  буде оцінювати сумісну дію факторів  $X_3$  та  $X_1 X_2$ .

Таким чином, дробовий факторний експеримент, який виконується за планом поданим у табл. 3.6, не дозволяє визначати незалежно один від одного вплив лінійних ефектів і ефектів взаємодії факторів.

Для позначення дробового факторного експерименту використовують запис виду  $2^{k-p}$ , де  $p$  – кількість взаємодій в повному факторному експерименті типу  $2^k$ , яка підлягає заміні новими (додатковими) факторами. Якщо  $p = 1$ , то експеримент типу  $2^{k-1}$  називається **півреплікою** повного факторного експерименту типу  $2^k$ . При  $p = 2$  маємо чвертьрепліку і т. д.



Під час побудови планів дробового факторного експерименту дуже важливо знати як будуть змішані між собою ефекти. Умови змішування ефектів в матриці дробового факторного експерименту задаються так званим **визначальним контрастом**. Таким контрастом для прикладу, який розглядається, згідно із даними табл. 3.5 є

$$X_3 = X_1 X_2. \quad (3.16)$$

Вираз (3.16) називають **генерувальним співвідношенням**. Помножимо вираз (3.6) на  $X_3$  та отримаємо

$$X_3^2 = X_1 X_2 X_3. \quad (3.17)$$

Враховуючи, що  $X_3^2 = 1$  незалежно від рівня фактора (+1 або -1), можна записати

$$1 = X_1 X_2 X_3. \quad (3.18)$$

Цей вираз і називають **визначальним контрастом**. На підставі цього виразу визначаємо умови змішування. Для цього вираз (3.7) множимо на кожен фактор і визначаємо їх змішування:

для  $X_1$  маємо  $X_1 = X_1^2 X_2 X_3 = X_2 X_3$ ;

для  $X_2$  маємо  $X_2 = X_1 X_2^2 X_3 = X_1 X_3$ ;

для  $X_3$  маємо  $X_3 = X_1 X_2 X_3^2 = X_1 X_2$  (тому що  $X_i^2 = 1$ ).

Повний факторний експеримент може бути поділений на репліки різної дрібності з максимальною визначаючою спроможністю відносно лінійних ефектів.

### 3.5. Приведення рівняння з кодованими факторами до вигляду з натуральними змінними

Для приведення рівняння (3.3) з кодованими факторами до вигляду з натуральними змінними використаємо формулу (3.1), Тоді вихід продукту  $Q$  у відсотках від завантаженої сировини буде

$$Q = 20 - 5 \frac{t - 350}{50} - 2 \frac{v - 6}{2} = 61 - 0,1t - v. \quad (3.19)$$

Загалом лінійна модель виду )

$$y = b_0 + \sum_{s=1}^k b_s x_s \quad (3.20)$$

являє собою гіперплощину в  $(k+1)$ -мірному факторному просторі, що виключає можливість оглядового сприйняття геометричного образу.

### 3.6. Складання плану-матриці дробового факторного експерименту

Навіть наймізерніша інформація про процес дає можливість припустити, що деякі з взаємодій факторів незначущі в тій обмеженій частині факторного простору, в якій передбачається проведення експерименту. У вузьких межах експериментування поверхня відгуку може бути в дуже багатьох випадках представлена поліномом другого ступеня. При цьому модель процесу повинна мати відмінні від нуля коефіцієнти при лінійних членах  $b_i$ , парних взаємодіях  $b_{ij}$  і квадратичних членах  $b_{ii}$ .

Якщо вплив деякої взаємодії признається малим, яким можна нехтувати, то природно, що коефіцієнт регресії при такій взаємодії значущо не відрізнятиметься від нуля. Це дозволяє використовувати відповідний стовпець розширеної

матриці для оцінки впливу додаткового фактора.

Пояснимо сказане на прикладі. Результати експерименту показали, що взаємодія кінцевої температури нагріву  $x_1$  і швидкості нагріву  $x_2$  сировини в процесі її дистиляції в апараті періодичної дії не значущо впливають на вихід від завантаженої в агрегат сировини. Виходячи з цього скористаємося цією обставиною для перевірки впливу на процес дистиляції сировини ще одного, третього чинника - ізотермічної витримки при кінцевій температурі  $x_3$ .

План-матриця експерименту залишається такою ж, якою наведена в табл. 1.

*Таблиця 3.7 - План-матриця повнофакторного експерименту типу  $2^2$*

Дослід	$x_1$	$x_2$	$x_1x_2$
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

Для дробового факторного експерименту приймаємо план-матрицю експерименту з тією лише різницею, що стовбець  $x_1x_2$  означає рівні фактору  $x_3$  (табл. 2).

*Таблиця 3.8 - План-матриця дробового факторного експерименту типу  $2^{3-1}$*

Дослід	$x_1$	$x_2$	$x_3 = x_1x_2$
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1

4	+1	+1	+1
---	----	----	----

В табл. 2 виконано чотири досліди, за якими можна оцінити вплив трьох лінійних ефектів. У випадку, коли  $k = 3$ , необхідно було б при використанні повного факторного експерименту виконати вісім дослідів, тобто у два рази більше. Якщо розширити матрицю планування, яка наведена у табл. 2, до такої, що наведена в табл. 3, то при порівнянні стовпців можна зробити наступні висновки.

Таблиця 3.9 - Розширена матриця планування факторного експерименту  $2^{3-1}$  (піврепліка)

Дослід	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$ $x_2$	$x_1$ $x_3$	$x_2$ $x_3$	$x_1$ $x_2$ $x_3$
1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Стовбець  $x_2$   $x_3$  повністю повторює стовбець  $x_1$ ; стовбець  $x_1$   $x_3$  точно такий, як стовбець  $x_2$ ; стовбець  $x_1$   $x_2$  має ті ж ознаки, що і стовбець  $x_3$  і, нарешті стовбець  $x_1$   $x_2$   $x_3$  відповідає так званій фіктивній змінній, яка використовується для визначення вільного члена  $b_0$ .

Якщо коефіцієнти при взаємодіях не дорівнюють нулю, то визначені коефіцієнти регресії будуть оцінками дій сумісних ефектів (табл. 3):

$b_1$  буде оцінювати сумісну дію факторів  $x_1$  та  $x_2$   $x_3$ ;

$b_2$  буде оцінювати сумісну дію факторів  $x_2$  та  $x_1$   $x_3$ ;

$b_3$  буде оцінювати сумісну дію факторів  $x_3$  та  $x_1$   $x_2$ .

Таким чином, дробовий факторний експеримент, який виконується за планом поданим у табл. 3, не дозволяє



цього вираз (2) множимо на кожний фактор і визначаємо їх змішування:

для  $x_1$  маємо  $x_1 = x_1^2 x_2 x_3 = x_2 x_3$ ;

для  $x_2$  маємо  $x_2 = x_1 x_2^2 x_3 = x_1 x_3$ ;

для  $x_3$  маємо  $x_3 = x_1 x_2 x_3^2 = x_1 x_2$  (тому що  $x_i^2 = 1$ ).

Повний факторний експеримент може бути поділений на репліки різної дрібності з максимальною визначальною спроможністю відносно лінійних ефектів.

### **Контрольні запитання**

1. В чому полягає визначення мінімальної взаємодії двох факторів на аргумент?
2. Як складається план-матриця дробовофакторного експерименту?
3. Як впливає кількість взаємодій на тип експерименту?
4. Як створити генеруюче співвідношення і визначаючий контраст?

## РОЗДІЛ 4 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ В ОБ'ЄКТАХ ДОСЛІДЖЕННЯ

*Математика - це  
мова, на якій написана  
книга природи.*

*Галілео Галілей*

### 4.1. Математичне моделювання в наукових дослідженнях

**Моделювання** – це метод практичного або практично опосередкованого оперування об'єктом. При цьому досліджується не сам об'єкт, а проміжний - допоміжний, який перебуває в деякій об'єктивній відповідності з самим об'єктом пізнання, що здатний на окремих етапах пізнання представляти в певних відношеннях об'єкт, який вивчається, а також давати за досліджуваною моделлю інформацію про об'єкт. У моделюванні завжди повинні бути присутні деякі відношення, які встановлюють умови переходу від моделі до досліджуваного об'єкта. Такі відношення носять назву масштабу. Моделювання включає наукові дослідження, які спрямовані на вирішення як загальнофілософських, так і загальнонаукових проблем, а також вирішення конкретних науково-технічних проблем. Прийоми аналізу та апарат вирішення вимагають встановити критерії подібності. Подібність явищ характеризується відповідністю величин, які беруть участь в явищах, що проходять в моделях та оригіналах і може бути трьох видів: абсолютна, повна та неповна.

*Абсолютна подібність* потребує повної тотожності станів або явищ в просторі і часі, які являють собою абстрактні поняття, що реалізуються лише уявно.

**Повна подібність** – подібність процесів в часі та просторі, які достатньо повно для мети даного дослідження визначають явища, які досліджуються.

**Неповна подібність** пов'язана з вивченням процесів лише в часі або лише в просторі.

**Приблизна подібність** реалізується при деяких спрощених припущеннях, що призводять до спотворень, які наперед кількісно оцінені.

З точки зору адекватності моделі можуть бути фізичними, аналоговими, математичними.

Теореми про подібність. Таких теорем є три. Перша і друга отримані, якщо виходити з припущень, що мова йде про явища, подібність яких наперед відома. Вони встановлюють відношення між параметрами наперед подібних явищ, не вказуючи методів визначення подібності між явищами, та шляхом реалізації подібності при побудові моделей. Відповідь на останнє питання дає третя теорема. Вона визначає необхідні та достатні умови для того, щоб явища стали подібними.

**Перша теорема подібності.** У явищах, подібних в тому чи іншому значенні, можна знайти певні поєднання параметрів, які називаються критеріями подібності і мають однакові значення. У випадку подібності процесів, які описуються рівняннями з неоднорідними функціями, аргументи неоднорідних функцій повинні бути рівними, оскільки вони в тому випадку є критеріями подібності. Можливими є умовно подібні процеси, подібність яких виконується при введенні змінних масштабів (квазіподібні). Можливими є два випадки подібності: звичайний, геометричний, коли куб перетворюється в куб іншого розміру, та, так зване, афінний, коли куб перетворюється в паралелепіпед.

**Друга теорема подібності.** Всяке повне рівняння фізичного процесу, записане в певній системі одиниць, може



бути представлене у вигляді залежності між безрозмірними співвідношеннями параметрів, які входять в рівняння, що є одночасно критеріями подібності. Ця теорема вказує на можливість заміни змінних та скорочення їх числа з  $m$  розмірних до  $n$  безрозмірних величин. Таким чином, спрощується обробка аналітичних та теоретичних досліджень, оскільки зв'язок між безрозмірними критеріями подібності  $n$  найчастіше є простішим. Перехід до безрозмірних відношень дає можливість поширити результати дослідження, проведеного для конкретного явища, на ряд подібних явищ.

**Третя теорема подібності.** Необхідними та достатніми умовами подібності є пропорційність подібних параметрів, які входять в умови однозначності, та рівень критеріїв подібності явищ, що вивчаються.

Три теореми доповнюються положеннями, які мають суттєве значення при вирішенні багатьох практичних задач. Такими додатковими положеннями є:

1. Подібність складних систем, які складаються з декількох підсистем, відповідно подібних, забезпечується подібністю всіх схожих елементів, які є спільними для підсистем. Подібні складні системи залишаються подібними після будь-яких спрощень, якщо ці спрощення були проведені в системах відповідно одночасно.

2. Всі теорії та умови подібності, справедливі для систем різної складності, можуть бути розподілені на нелінійні системи або системи зі змінними параметрами, якщо виконуються умови співвідношення відносних характеристик, подібних параметрів, які є нелінійними та змінними.

3. Умови подібності, справедливі для ізотропних систем, які характеризуються однаковістю фізичних властивостей по всіх координатах всередині даної системи,

можуть бути поширені на анізотропні системи, які мають неоднакові властивості по різних напрямках.

4. В системах, які не є геометрично подібними, але мають нелінійні подібні простори, процеси можуть бути фізично подібними, якщо в подібних точках простору мають подібні зміни параметрів процесу.

5. Всі умови подібності, які відносяться до детерміновано заданих систем, справедливі для статистично визначених систем за умови збігу у цих систем густин імовірностей подібних параметрів, які представлені у вигляді відносних характеристик.

### **Види моделей**

Будь-яка модель – це природний або штучний об'єкт, який перебуває у відповідності з об'єктом, що вивчається, або з якою-небудь його часиною. Моделі всіх видів поступово набувають все більшого значення, що дає можливість проводити наукові дослідження різних процесів, уточняти теорію роботи різних установок, перевіряти висновки та отримувати повне уявлення, що важко було б зробити лише на умові розрахунку. Моделі мають велике значення з точки зору навчання, що дає змогу неодноразово відтворювати аварійний режим пристроїв.

Концептуальні моделі припускають розробку та використання моделей, які формуються спостереженням в процесі навчання та спостереженням за об'єктом під час його функціонування.

Кібернетичні моделі базуються на отриманні співвідношень між вхідними та вихідними функціями для деякого «чорного ящика», як явища, що вивчається без розкриття його внутрішньої структури.

Квазіаналогові та електронні моделі займаються синтезом ланок, які є моделями різних об'єктів і мають особливо велике значення при розв'язуванні задач, що виникають при проектуванні та експлуатації великих систем

технічного призначення. Електронне моделювання дає можливість успішно вирішувати задачі, шляхом створення моделей з комбінованих операційних блоків та проведення синтезу моделей. На сьогодні день значна увага приділяється задачам синтезу, на відміну від задач аналізу. Синтез повинен забезпечувати також визначення впливу зовнішньої дії на систему. Модель відкриває можливість дослідження дій об'єкта в аварійному режимі, а також відтворення всіх дій обслуговуючого персоналу в умовах, наближених до природних.

### **Організація та обробка результатів експерименту**

Значні швидкості обчислення сучасними персональними комп'ютерами забезпечують короткий час аналітичних розв'язків. Однак при помилках фізичного чи формального характеру ПК може так саме швидко видати неправильне рішення. Тому особливого значення набуває апробація програм з точки зору коректності закладених в неї величин.

Експеримент є не лише шляхом безпосереднього вирішення науково-технічних задач, але і допомагає знаходити найкращий засіб аналітичних рішень. Моделі різних видів повинні застосовуватися разом та одночасно з ПК.

Критеріальна програма проведення експериментів дає оцінку результату, яка поширюється на клас явищ, а не лише на одиначне явище. Методи планування експерименту дозволяють вирішити цю задачу з мінімальною кількістю дослідів при надійній статистичній інтерпретації на кожному етапі. Для використання моделювання в технічних та інженерних задачах суттєве значення має автоматизація отриманих критеріїв подібності за допомогою ПК. Чітко провести будь-який експеримент, об'єктивно отримати дані про досліджуваний процес та поширити матеріал, отриманий в одному дослідженні, на серію інших досліджень можна при

правильній їх постановці та обробці. Критеріальна обробка результатів досліджень дає можливість скоротити кількість необхідних експериментів завдяки зменшенню змінних факторів, поширити результати кожного з цих експериментів на необмежено великий клас подібних процесів.

Критеріальне планування експерименту та теорія подібності, які сприяють найпростішій організації експерименту та обробці його результатів, на сьогодні практично об'єдналися.

### **Подібності в моделюванні**

Поставлена задача може бути реалізована двома шляхами: 1) натуральним моделюванням, коли в об'єкт, який підлягає дослідженню, не вносять змін; 2) на спеціальних моделях та стендах.

Фізична модель - це мініатюрна копія фізично реальної системи. Для кожної моделі завжди чітко формулюється коло завдань, яке повинно бути вирішене за допомогою цієї моделі. Це виявляє ті частини системи, які повинні бути відтворені на моделі з найбільшою новизною та точністю, яку вимагає теорія подібності, та практичною необхідністю.

Можливими є також випадки, коли модель спеціально не створюється, а на її місці використовується найбільш підходяща установка, яка забезпечує при експерименті отримання процесів, близьких до оригінальних. Перед проведенням експерименту необхідно попередньо перевірити роботу обнулення моделі на окремих її частинах. І лише після того, як отримана повна впевненість, що всі елементи моделі окремо подібні до відповідних елементів оригіналу, можна збирати модель в цілому, зберігаючи граничні умови при з'єднанні їх окремих елементів. Підготовлена таким чином модель дає можливість провести експерименти, отримати достовірні дані та опрацювати їх в критеріальних залежностях.

### *Аналітична подібність в моделюванні*

Якщо явища в двох порівнюваних системах мають різну фізичну природу, але деякі, найбільш цікаві, для даного дослідження процеси, що відбуваються в двох системах, описуються формально однаковими диференціальними рівняннями, то можна сказати, що одна система є прямим аналогом-моделлю іншої. Застосування прямих моделей-аналогів обмежене, оскільки не для всіх задач можна виставити аналогію та підібрати модель. В цьому відношенні структурні моделі, які поелементно моделюються окремими математичними операціями, більш універсальні та забезпечують більшу точність. Прикладом таких моделей є розрахункові моделі постійного струму, які використовують постійний струм як аналог змінного струму.

Розрахунок перехідного процесу складної системи викликає значні труднощі та потребує для свого виконання багато часу. Бажання спростити цю роботу привело, з одної сторони, до створення спеціальних аналогових моделей, а з іншої – до широкого використання для дослідження типових процесів структурних аналогових моделей. При такому моделюванні масштаби, які забезпечують подібність, є розмірними величинами, що пов'язують параметри системи з машинними змінними. Число цих змінних може перевищувати число рівнянь, що моделюють процес, оскільки між ними можуть існувати додаткові зв'язки, які в явному вигляді відсутні.

Забезпечення аналогічності процесу в моделі процесу в оригіналі вимагає встановити диференціальне рівняння, яке описує процес, скласти принципову схему для вирішення задачі на моделі, для кожного блока виявити умови подібності та скласти робочу схему з'єднання компонентів, потім вибрати робочу схему на комутаційному полі, задати початкові умови, здійснити пуск програми і

зареєструвати отримані рішення за допомогою індикатора, осцилографа, монітора тощо.

### ***Математична цифрова подібність та моделювання***

Цифрове моделювання різних процесів застосовується в двох основних напрямках. Перший – це моделювання в теперішньому часі процесів, коли дані для обчислень надходять на ПК безпосередньо від аналізованої системи або тої, якою необхідно керувати. Для іншого напрямку немає необхідності в моделюванні при темпі діючого процесу, а можна ці процеси при моделюванні прискорити. Аналогічні задачі виникають і при значних кількостях рівнянь, які відповідають розвитку великої системи. ПК разом з відповідним алгоритмом може розглядатися як модель процесу, який вивчається, і забезпечує вирішення наукових та технічних задач. Сучасна вчислювала техніка дає можливість створити керовані (діалогові) програми, які дають змогу керувати процесом дослідження, що може значно спростити і підвищити якість пізнання досліджуваного об'єкта.

Вимоги до точності та достовірності результатів моделювання різні залежно від поставлених задач та характеру досліджень. Дослідження, які пов'язані з проектними роботами, а також оцінка та відносне порівняння варіантів, не потребують високої точності результатів. Однак, точність результатів має досить велике значення у випадку, коли дослідження проводяться стосовно конкретної схеми, а отримані результати необхідно поширити на ряд оригіналів.

При отриманні на основі моделювання характерних явищ необхідно врахувати фактори, які обумовлюють різні результати, що отримуються при дослідженні оригіналів та моделей. До таких факторів відносяться неточності, обумовлені визначенням або наданням параметрів оригіналу, які входять в критерії подібності, та відтворенням параметрів

на моделі, похибками вимірювань при проведенні дослідів (їх можна зменшити шляхом багатократного повторювання вимірювань), неповним врахуванням в моделі факторів, які впливають на головні процеси.

Непостійність випадково змінних параметрів, які входять в критерії подібності, призводить до того, що на критерії подібності впливають випадкові варіації. Тому при оцінці достовірності результатів досліджуваних систем, які мають такі параметри, необхідно також враховувати вплив випадкових факторів.

Точність результатів експериментальних досліджень реальної системи, дослідів на фізичній моделі, процедури моделювання на ПК має оцінюватися окремо. На практиці оцінка достовірності результатів моделювання з урахуванням похибок завдання та відтворення критеріїв подібності зводиться до двох задач: до оцінки впливу статистичних варіацій критеріїв подібності та до оцінки похибки реалізації наближеного моделювання на відміну від точного.

Отримана інформація дає змогу об'єктивно вирішити питання про необхідність точності відтворення критеріїв подібності, які відповідають степені їх впливу на досліджуваний процес.

## 4.2. Загальні положення вибору методу оптимізації

Процес оптимізації лежить в основі всієї інженерної діяльності, оскільки класичні функції інженера полягають у тому, щоб, з одного боку, проектувати нові, ефективніші та менш дорогі технічні системи, а з другого - розробляти методи підвищення якості функціонування існуючих систем. Ефективність методів оптимізації, які допомагають обрати найкращий варіант без перевірки всіх можливих варіантів, тісно пов'язана із широким використанням досягнень у галузі математики шляхом реалізації ітераційних обчислювальних схем, що опираються на досить обґрунтовані методи та алгоритми із застосуванням обчислювальної техніки.

В даний час, завдяки доступності персональних комп'ютерів, велика увага в інженерній практиці приділяється використанню числових методів оптимізації, які можна розділити на дві великі групи: *методи безумовної і методи умовної оптимізації*. Цей розподіл пов'язаний з різним описом простору проектування. Область дослідження, тобто область, в якій інженер намагається визначити оптимум певної задачі, називають *простором проектування*.

Простір проектування, який визначається проектними параметрами, зазвичай обмежений низкою умов, пов'язаних з фізичною сутністю задачі і розглядається в у вигляді двох варіантів:

1) якщо проектний параметр один, то зазвичай обмеження пов'язані з його значеннями, тобто область проектування звужується до відрізка дослідження  $[a, b]$ ;

2) якщо проектних параметрів декілька, то обмеження можуть накладатись або на їх значення, обмежуючи область дослідження, або в вигляді взаємозалежності між проектними параметрами, які повинні враховуватись при пошуку рішення (ці залежності в реальних задачах можуть відображати



закони природи, економіки, права, наявність необхідних матеріалів і т. ін.).

Розглянемо методи безумовного одновимірного пошуку оптимуму цільової функції, які базуються на використанні першого варіанта представлення простору проектування, де *цільова функція* – це вираз (функція), значення якого інженер намагається мінімізувати або максимізувати. При цьому передбачається, що цільові функції, які досліджуються, є *унімодальними*, тобто мають на інтервалі дослідження, який розглядається, тільки один оптимум (рис. 4.1). Це обмеження на характер цільової функції не є таким жорстким, як може здатися, оскільки багато задач, які інженер вирішує в своїй практиці, виявляються унімодальними.

Чисельні методи, які орієнтуються на розв'язання задач безумовної оптимізації, можна розділити на три класи:

- *методи прямого пошуку*, що базуються на обчисленні лише значень цільової функції;
- *градієнтні методи*, в яких використовуються точні значення перших похідних  $f(x)$  ;



Рис. 4.1. Унімодальна цільова функція

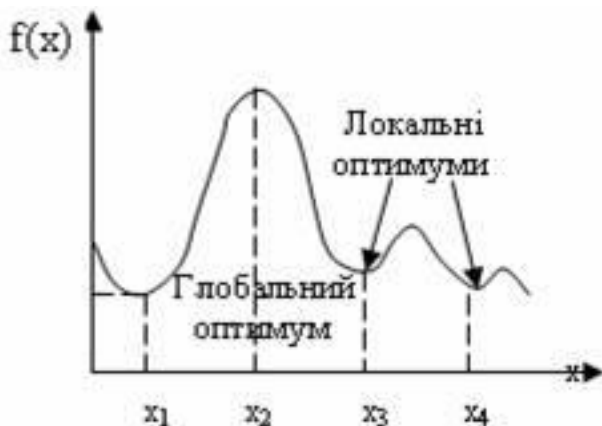


Рис. 4.2. Цільова функція з локальним та глобальним оптимумом

- методи другого порядку, в яких поряд з першими похідними використовуються також другі похідні функції  $f(x)$ .

**Задача одновимірної оптимізації ставиться таким чином:** значення параметра  $X$  цільової функції  $f(x)$ , який називають *проектним параметром*, розташовані на інтервалі дослідження  $[a, b]$ . В процесі пошуку оптимуму цільової функції цей інтервал, який називається *інтервалом невизначеності*, постійно зменшується (звужується), тому методи одновимірної оптимізації іноді називають методами звуження інтервалу невизначеності.

Вибір числового методу насамперед залежить від виду цільової функції, яка може бути однопараметричною і багатопараметричною (рис. 4.3, 4.4).

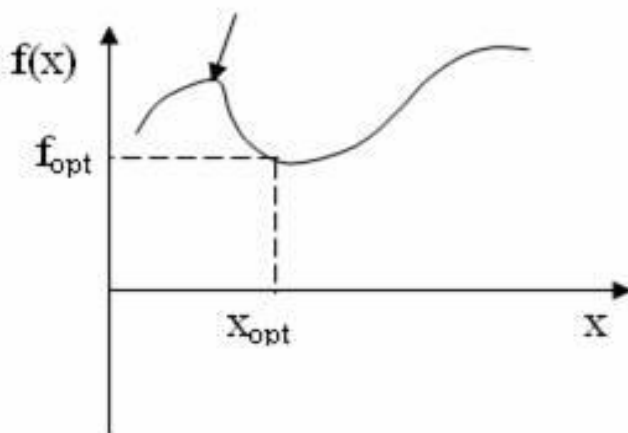


Рис. 4.3. Однопараметрична цільова функція

Деякі алгоритми оптимізації пристосовані до пошуку максимуму, а інші – до пошуку мінімуму.

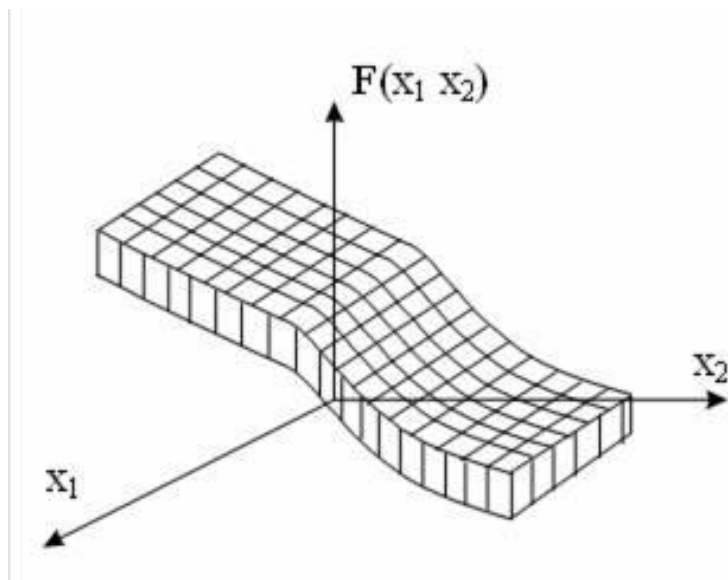


Рис. 4.4. Двопараметрична цільова функція

Однак, незалежно від типу задачі, яка розв'язується, на екстремум (оптимум), можливо користуватись одним і тим же алгоритмом, оскільки задачу мінімізації можна легко переробити в задачу на пошук мінімуму, змінивши знак цільової функції на протилежний (рис. 4.5).

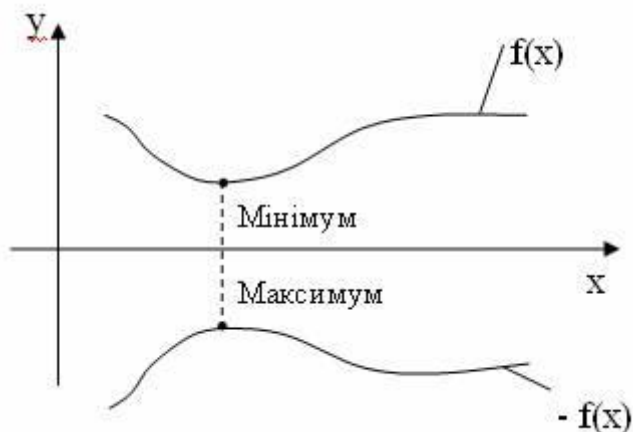


Рис. 4.5. Зміною знака цільової функції на протилежний задача на мінімум перетворюється в задачу на максимум

**Загальна постановка задачі для методів одновимірної оптимізації виглядає таким чином:** нехай значення параметра  $X$  розташована на відрізку  $[a, b]$ , а цільова функція унімодальна в області, яку досліджуємо. Більшість числових методів одновимірної оптимізації - це методи звуження відрізка, а саме: **метод розділення відрізка навпіл, метод дихотомії, метод золотого перерізу, метод Фібоначчі, метод Монте-Карло.**

В процесі одновимірної оптимізації цільової функції на ПК можна виділити два етапи:

1) встановлення меж відрізка, на якому реалізується процедура пошуку оптимуму;

2) зменшення відрізка до заданої похибки обчислення  $\varepsilon$ .

Перший етап реалізується за допомогою евристичних методів пошуку і є дуже складним. Другий - називають правилом виключення відрізків, реалізують алгоритм

пошуку, що дозволяє знайти точку оптимуму шляхом послідовного виключення частин початкового обмеженого відрізка  $[a, b]$ , тобто за допомогою ітераційних алгоритмів. В якості умови закінчення ітераційного процесу використовується момент, коли підінтервал, що залишився, зменшиться до достатньо малих розмірів (зазвичай для цього задають значення заданої похибки обчислення  $\varepsilon$ ).

Розглянемо основні методи оптимізації одновимірних задач.

### 4.2.1. Метод половинного ділення

Суть методу полягає в постійному діленні відрізка дослідження цільової функції  $[a, b]$  навпіл і визначенні на ньому координат трьох точок  $x_1, x_2, x_m$ . Причому значення їх визначаються як:

$$x_m = \frac{a+b}{2}; \quad x_1 = a + \frac{L}{4}; \quad x_2 = b - \frac{L}{4},$$

де  $L = b - a$  – різниця між максимальним і мінімальним значеннями координат цільової функції.

Точки  $x_1, x_m, x_2$  поділяють відрізок  $[a, b]$  на чотири однакові частини. Обчислюємо значення цільової функції  $f(x_1), f(x_2)$ . Потім порівнюємо значення  $f(x_1)$  і  $f(x_m)$ , якщо  $f(x_1) < f(x_m)$ , то виключаємо з дослідження відрізок  $[x_m, b]$  та покладемо  $b = x_m$ . Тоді середньою точкою нового відрізка  $[a, b]$  стає  $x_1 = x_m$ . Але якщо  $f(x_1) \geq f(x_m)$ , то порівнюємо значення цільової функції  $f(x_2)$  і  $f(x_m)$ ; якщо  $f(x_2) < f(x_m)$ , то виключаємо відрізок  $[a, x_m]$ , покладемо  $a = x_m, x_m = x_2$ ; якщо  $f(x_2) \geq f(x_m)$ , то виключаємо відрізок  $[a, x_1]$  та  $[x_2, b]$ , покладемо  $a = x_1, b = x_2$ , тобто формуємо новий відрізок дослідження. Обчислюємо  $L = b - a$ , якщо  $|L| < \varepsilon$  не витримується, то знову повертаємося до початку.

Цей алгоритм ітераційний, тому зазвичай в якості умови закінчення ітераційного процесу обирають умову  $|a - b| < \varepsilon$ , тобто звуження відрізка виконується до тих пір, поки його величина не зменшиться до заданої обчислювальної похибки  $\varepsilon$ .

### 4.2.2. Метод дихотомії

Обчислення цільової функції в двох точках інтервалу невизначеності дає можливість його звужити. Можна таким чином обрати ці точки, що інтервал невизначеності буде мінімальним. На рис. 4.6 показані позначення, які використовуються в цій схемі.

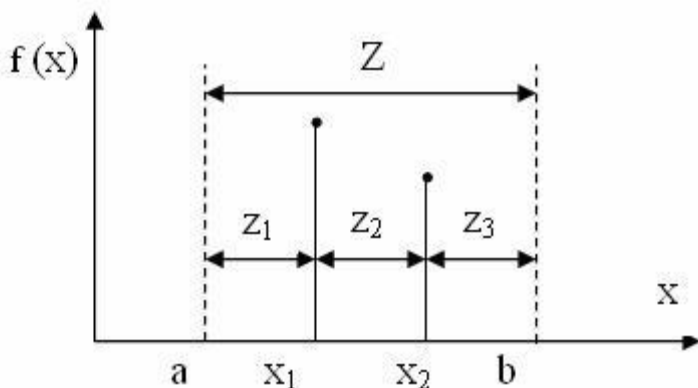


Рис. 4.6. Позначення, які використовуються в методі дихотомії

Якщо значення цільової функції при  $x_1$  більше, ніж при  $x_2$ , то новий інтервал невизначеності дорівнює  $Z_1 = z_1 + z_2$ . В протилежному випадку він визначається виразом  $Z_2 = z_2 + z_3$ . Задача полягає в тому, щоб одночасно мінімізувати  $Z_1$  і  $Z_2$ , задовольнивши умовам

$$z_1 + z_2 + z_3 = Z; z_1 > 0; z_2 > 0; z_3 > 0.$$

### 4.2.3. Метод «золотого перерізу»

З кожних трьох значень цільової функції, які були обчислені в інтервалі невизначеності, далі використовуються лише два, а третє не дає додаткової інформації і тому не використовується. В методі золотого перетину цільова



функція обчислюється в точках інтервалу невизначеності, які розташовані таким чином, щоб кожне обчислене значення цільової функції давало нову корисну інформацію.

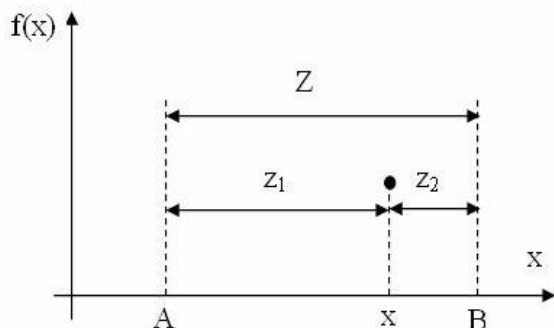


Рис. 4.7. Позначення, які використовуються в методі золотого перерізу

Суть цього методу полягає в тому, що інтервал невизначеності ділиться на дві нерівні частини. Відношення довжини більшого відрізка до довжини всього інтервалу дорівнює відношенню довжини меншого відрізка до довжини більшого відрізка. На рис. 4.7 показаний інтервал невизначеності  $Z$ , який складається з відрізків  $z_1$  і  $z_2$ , відношення довжин яких визначається правилом золотого перерізу.

$$\frac{z_1}{Z} = \frac{z_2}{z_1}.$$

### 4.2.3. Метод Фібоначчі

Припустимо, що потрібно визначити мінімум цільової функції якомога точніше, тобто з найменшим можливим інтервалом невизначеності, але при цьому можна виконати тільки  $n$  обчислень функції. Як слід вибрати  $n$  точок, в яких обчислюється функція? З першого погляду здається

зрозумілим, що не слід шукати рішення для всіх точок, які одержані в результаті експерименту. Навпаки, треба спробувати зробити так, щоб значення функції, отримані в попередніх експериментах, визначали положення наступних точок. Справді, знаючи значення функції, ми тим самим маємо інформацію про саму функцію, положення її мінімуму і використовуємо цю інформацію в подальшому пошуку.

Припустимо, що є інтервал невизначеності  $(x_1, x_3)$  і відоме значення функції  $f(x_2)$  всередині цього інтервалу (рис. 8).

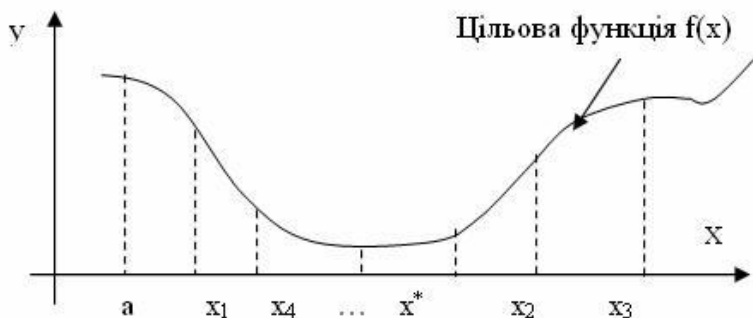


Рис. 4.8. Унімодална цільова функція. Геометрична інтерпретація методу Фібоначчі

Якщо можна обчислити функцію всього один раз в точці  $x_4$ , то де слід помістити точку  $x_4$ , для того щоб отримати найменший можливий інтервал невизначеності?

Припустимо, що  $x_2 - x_1 = L$  і  $x_3 - x_2 = R$ , причому  $L > R$ , як показано на рис. 4.8, і ці значення будуть фіксовані, якщо відомі  $x_1, x_2$  і  $x_3$ . Якщо  $x_4$  розташвано в інтервалі  $(x_1, x_2)$ , то:

1. Якщо  $f(x_4) < f(x_2)$ , то новим інтервалом невизначеності буде  $(x_1, x_2)$  довжиною  $x_2 - x_1 = L$ .
2. Якщо  $f(x_4) > f(x_2)$ , то новим інтервалом невизначеності буде  $(x_4, x_3)$  довжиною  $x_3 - x_4$ .

Оскільки невідомо, яка з цих ситуацій буде дійсною, виберемо  $x_4$  таким чином, щоб зробити мінімальною

найбільшу з довжин  $x_3 - x_4$  і  $x_2 - x_1$ . Досягнути цього можна, зробивши довжини  $x_3 - x_4$  і  $x_2 - x_1$  однаковими, тобто помістивши  $x_4$  всередині інтервалу симетрично до точки  $x_2$ , що вже лежить всередині інтервалу. Будь-яке інше положення точки  $x_4$  може призвести до того, що отриманий інтервал буде більший за  $L$ . Помістивши  $x_4$  симетрично до  $x_2$ , ми нічим не ризикуємо в будь-якому випадку.

Якщо виявиться, що можна виконати ще одне обчислення функції, то слід застосувати описану процедуру до інтервалу  $(x_1, x_2)$ , в якому вже є значення функції, обчислене в точці  $x_2$ . Отже, стратегія зрозуміла з самого початку. Потрібно помістити наступну точку всередині інтервалу невизначеності симетрично відносно точки, яка вже знаходиться там.

#### 4.2.4. Метод Монте-Карло

*Метод Монте-Карло* є імовірнісним методом і в більшості випадків використовується з ПЕОМ. Для оптимізації використовуються псевдовипадкові числа в інтервалі  $[0, 1]$ , які утворюються давачем комп'ютера і перетворюються до натуральних значень за допомогою залежності

$$x_i = a + \mu_i(b - a),$$

де  $a$ ,  $b$  – максимальне і мінімальне значення координат цільової функції;  $\mu_i$  – псевдовипадкове число з інтервалу  $[0, 1]$ .

Процес розрахунку закінчується у випадку, коли імовірність попадання досліджуваної точки в область допустимих розв'язків знаходиться в межах  $0,9 \dots 0,95$ .

### **Контрольні запитання**

1. В чому полягає властивість унімодальності функцій і в чому полягає важливість цієї властивості у розв'язку задач оптимізації з однією змінною?
2. Якщо точка цільової функції задовольняє достатнім умовам існування локального мінімуму, то як встановити чи є цей мінімум глобальним?
3. Чи є методи виключення інтервалів в цілому більш ефективними, ніж методи точкового оцінювання? Чому?
4. В чому полягає метод половинного ділення?
5. В чому полягає метод дихотомії?
6. В чому полягає метод «золотого перерізу»? ?
7. В чому полягає метод Фібоначчі?
8. В чому полягає метод Монте-Карло?

## РОЗДІЛ 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

*Жодною кількістю експериментів  
не можна довести теорію, але  
достатньо одного експерименту,  
щоб її спростувати.  
Альберт Ейнштейн*

### **5.1. Класифікація, типи та задачі експерименту**

Експеримент є науково поставлений дослід з точно врахованими та керованими умовами. В науково-дослідній роботі під терміном «експеримент» розуміють: дослід - це цілеспрямоване спостереження, відтворення об'єкта пізнання, організація особливих умов його існування, перевірка передбачень. Експеримент - науково поставлений дослід та спостереження досліджуваного явища в точно врахованих умовах, які дають змогу спостерігати за ходом явищ і відтворювати їх кожен раз при повторенні цих умов. Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, перевірка справедливості гіпотез і на цій основі - широке та глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Постановка та організація експерименту визначається його призначенням. Експерименти можуть бути хімічними, біологічними, фізичними, психологічними, соціальними тощо. Вони розрізняються за способом формування умов, за метою дослідження, за організацією проведення, за структурою об'єктів та явищ, що вивчаються; за характером зовнішньої дії на об'єкт дослідження, за характером взаємодії засобів експериментального дослідження з об'єктом дослідження, за типом моделей, які використовуються в експерименті, за контрольованими

величинами, за числом змінних факторів, за характером об'єктів та явищ, що вивчаються.

Природний експеримент передбачає проведення досліду в природних умовах існування об'єкта. Він може бути штучним (наприклад, в технічних науках), перетворюючим (зміна структури об'єкта), констатуючим (підтвердження зв'язків), контрольним (контроль результатів дії), пошуковим (встановлення нових зв'язків та залежностей), вирішальним (перевірка основних положень та теорій).

Лабораторний експеримент проводиться в лабораторних умовах з застосуванням типових приладів, спеціальних модельних установок, стендів, обладнання. Однак, точний експеримент не завжди повністю моделює реальний хід процесу, тому виникає необхідність у проведенні натурального експерименту, який проводиться в природних умовах і на реальному об'єкті. Цей вид експерименту найчастіше використовується в процесі натурних випробувань досліджуваних систем. Залежно від місця проведення випробувань натурні експерименти поділяють на виробничі, польові, полігонні, напівнатурні тощо. Натурний експеримент завжди вимагає ретельного обдумування та планування, раціональності вибору методів дослідження.

Експерименти можуть бути *відкритими та закритими*. Вони широко застосовуються в психології, соціології, педагогіці. У відкритому експерименті задача відкрито пояснюється дослідникам, в закритому – інформація приховується від дослідників.

Простий експеримент використовується для вивчення об'єктів, які виконують найпростіші функції і не мають розгалуженої структури, з великою кількістю взаємозв'язків.

В складних експериментах вивчаються явища або об'єкти з розгалуженою структурою, з великою кількістю взаємозв'язків та взаємодіючих елементів. За допомогою цього експерименту вивчається стан об'єкта під впливом наданої йому інформації.

**Речовий експеримент** припускає вивчення впливу різних речових факторів на стан об'єкта (приклад, добавки для якості сталі).

**Енергетичний експеримент** використовується для вивчення впливу різних видів енергії на досліджуваний об'єкт. Цей тип експерименту широко використовується в природничих науках.

**Звичайний експеримент** включає експериментатора, як суб'єкта пізнання, об'єкт як предмет експериментального дослідження та засоби, за допомогою яких здійснюється експеримент. В звичайному експерименті експериментальні засоби безпосередньо взаємодіють з об'єктом. Вони є посередниками між експериментатором та об'єктом.

**Модельний експеримент** проводиться на моделі досліджуваного об'єкта. Модель входить до складу експериментальної установки, замінює не лише об'єкт досліджень, але часто і умови, в яких досліджується об'єкт. Має ряд недоліків, особливо при неправильно вибраній моделі, або неправильно вибраних умовах впливу на модель.

Засобом уявного експерименту є уявні моделі досліджуваного об'єкта чи явища. Для пояснення уявного експерименту іноді користуються терміном „ідеалізований”. Структура уявного експерименту включає в себе: побудову уявної моделі об'єкта дослідження, ідеалізовані умови експерименту та впливи на об'єкт, свідоме та планомірне вимірювання, комбіновані умови експерименту та дії на об'єкт, свідоме та точне застосування на всіх стадіях експерименту об'єктивних законів науки, завдяки чому виключається абсолютна довільність.

**Матеріальний експеримент** має аналогічну структуру. Однак в ньому використовуються матеріальні, а не ідеальні об'єкти. Основна відмінність матеріального експерименту від умовного полягає в тому, що реальний експеримент являє собою форму об'єктивного матеріального зв'язку з зовнішнім світом, в той час, як уявний експеримент, є специфічною формою теоретичної діяльності суб'єкта. Часто уявний експеримент виступає в ролі ідеального плану реального експерименту. Уявний експеримент має більш широке використання, ніж реальний, оскільки застосовується не лише при підготовці та плануванні останнього, але і в тих випадках, коли проведення реальних дослідів є неможливим.

**Уявний експеримент** використовується не лише вченими, але і письменниками, художниками, педагогами, лікарями. Уявний експеримент яскраво проявляється в мисленні шахістів. Величезна роль уявного експерименту в технічному конструюванні та винахідництві. Результати уявного експерименту відображені в формулах, кресленнях, графіках, ескізних проектах тощо.

**Пасивний експеримент** передбачає вимірювання лише вибраних показників в результаті спостереження за об'єктом без штучного втручання в його функціонування. Прикладом пасивного експерименту є спостереження за інтенсивністю, складом, швидкістю руху транспортних потоків. Пасивний експеримент по суті є спостереженням, яке супроводжується інструментальним вимірюванням певних показників стану об'єкта досліджень.

**Активний експеримент** пов'язаний з вибором спеціальних вхідних факторів (сигналів) і контролює вхід та вихід досліджуваної системи.

**Однофакторний експеримент** припускає виділення потрібних факторів, стабілізацію факторів, які заважають почерговій зміні досліджуваних факторів.



**Стратегія багатofакторного експерименту** полягає в тому, що змінюються змінні відразу, кожен ефект оцінюється за результатами всіх дослідів, проведених в даній серії експериментів.

**Технологічний експеримент** спрямований на вивчення елементів технологічного процесу або процесу в цілому.

**Соціометричний експеримент** використовується для вимірювання існуючих міжособистих соціально-психологічних відношень в малих групах з метою їх подальших змін.

Для проведення експерименту будь-якого типу необхідно: розробити гіпотезу, яку необхідно перевірити, створити програми експериментальних робіт, визначити методи та засоби втручання в об'єкт дослідження, забезпечити умови для здійснення процедури експериментальних робіт, розробити шляхи та прийоми фіксування ходу та результатів експерименту, підготувати засоби експерименту, забезпечити експеримент необхідним обслуговуючим персоналом.

Особливе значення має правильно розроблена методика експерименту. **Методика** – це сукупність уявних та фізичних операцій, розташованих в певній послідовності, відповідно до якої досягається мета дослідження. При розробці проведення методик необхідно передбачити: проведення попереднього спостереження за досліджуваним об'єктом з метою визначення вихідних даних, створення умов, в яких можливе експериментування, визначення границь вимірювання, систематичне спостереження за ходом розвитку об'єкта чи явища та точний опис фактів, проведення систематичної реєстрації вимірювань і оцінки фактів різними засобами та методами, проведення повторних вимірювань з метою підтвердження або спростування отриманих даних, перехід від емпіричного вивчення до

логічного узагальнення, до аналізу та теоретичної обробки отриманого фактичного матеріалу.

Правильно розроблена методика експерименту дослідження є передумовою його цінності. Вибравши методику експерименту, дослідник повинен перевірити і практичні можливості її реалізації.

Перед кожним експериментом складається його план, який включає: мету та задачі експерименту, вибір змінних факторів, обґрунтування обсягу експерименту, число дослідів, порядок реалізації, послідовність зміни факторів, вибір кроку зміни факторів, обґрунтування засобів вимірювань, опис проведення експерименту, обґрунтування способів обробки та аналізу результатів експерименту.

Важливим етапом підготовки експерименту є визначення його мети та завдань. Кількість завдань для одного експерименту не повинна бути надто великою (від 3...4 до 9...10). Необхідно також обґрунтувати вибір засобів вимірювань, іншого обладнання. В зв'язку з цим експериментатор повинен добре знати вимірювальну апаратуру. В першу чергу необхідно використовувати стандартні, серійні прилади, робота на яких регламентується інструкціями, ДСТУ та іншими офіційними документами. В окремих випадках виникає потреба в створенні унікальних приладів. При створенні нових приладів бажано використовувати готові вузли приладів, що вже випускаються, або реконструйовані вже готові прилади. Відповідальний момент – встановлення точності вимірювань та похибок. Методи вимірювань повинні базуватися на законах спеціальної науки – метрології, яка вивчає засоби та методи вимірювань.

Чим більше випадкових факторів впливає на дослід, тим більший розкид отриманих результатів, тим більше відхилення окремих вимірювань від середнього значення. Це вимагає повторних вимірювань, а значить необхідно знати їх

мінімальну кількість. Під необхідною мінімальною кількістю вимірювань розуміють таку кількість вимірювань, яка забезпечує стійке середнє значення вимірюваної величини та задану степінь точності.

Важливим розділом методики є вибір методів обробки та аналіз експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експерименту повинні бути зведені в зручні форми запису: таблиці, графіки, формули, голограми, які дають змогу швидко та якісно зіставляти отримані результати та їх аналізувати. Всі змінні повинні бути оцінені в єдиній системі одиниць фізичних величин.

Особливу увагу в методиці необхідно приділити математичним методам обробки та аналізу даних, наприклад, встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між змінними характеристиками, встановленню критеріїв та довірчих інтервалів.

Результати експериментів повинні відповідати трьом статистичним вимогам: вимоги ефективності оцінок, вимоги спроможності оцінок, вимоги незмішуваності оцінок

Після встановлення обсягу експериментальних робіт складається перелік необхідних засобів вимірювань, обсяг матеріалів, список виконавців, календарний план та кошторис витрат.

## 5.2. Основні положення розроблення оптимізаційних моделей

На першому етапі розроблення оптимізаційної моделі необхідно вибрати функцію мети, для якої необхідно визначити її максимальне або мінімальне значення. Крім цього, вона повинна описуватися певною залежністю, до складу якої входять чинники, що впливають на її значення.

Стосовно пожежної справи, та такими функціями мети, наприклад, можуть бути: тривалість локалізації  $\tau_l$  і гасіння  $\tau_g$  пожежі, тривалість оперативного розгортання  $\tau_{op.p}$  тощо. В цьому випадку функцію мети можна представити так:

$$\tau_{\bar{e}} + \tau_{\bar{a}} \Rightarrow \min ,$$

або

$$\tau_{i \bar{i} . \bar{d}} \Rightarrow \min .$$

Після вибору функції мети необхідно прийняти критерій, за допомогою якого оцінюється якість розв'язання оптимізаційної задачі. Такими критеріями може бути, наприклад, мінімальна сума збитків об'єкта від пожежі  $Z_o$  і витрат пожежно-рятувальних підрозділів на ліквідацію пожежі  $B_n$ , або різниця між часом слідування  $\tau_{cl}$  пожежно-рятувальних підрозділів на пожежу і критичним часом пожежі  $\tau_k$  тощо. Тоді запис такого критерію, наприклад, буде мати вигляд

$$C_i + \hat{A}_i \Rightarrow \min .$$

Наступним кроком розроблення оптимізаційної моделі є виявлення можливих обмежень на чинники, які входять до складу функції мети. Наприклад, при розроблені оптимізаційної моделі локалізації і гасіння пожежі на тривалість часу  $\tau_{\bar{e}} + \tau_{\bar{a}}$  впливає кількість пожежних стволів

типу А і типу Б, а їх кількість може бути використана в межах:

стволи типу А

$$a_1 \leq N_A \leq b_1;$$

стволи типу Б

$$a_2 \leq N_B \leq b_2,$$

де  $a_1, a_2$  – мінімальна кількість пожежних стволів;  $b_1, b_2$  – максимально можлива кількість пожежних стволів.

Крім наведених обмежень в оптимізаційній моделі можуть бути і інші, які розробник вважає необхідними для отримання адекватного результату.

### **Перехід від математичного апарату оптимізаційної моделі до розроблення блок-схеми алгоритму**

Після розроблення оптимізаційної моделі необхідно виявити і прийняти всі необхідні вхідні дані для розв'язування поставленої задачі. До таких даних відносять дані, які не визначаються в процесі розв'язування оптимізаційної задачі. В першу чергу це стосується даних для обмежень, а саме:  $a_1, a_2, \dots; b_1, b_2, \dots$ . Крім цього, ще інші дані, наприклад, про площу об'єкта, наявність водопостачання тощо.

Розглянемо приклад введення вхідних даних при визначенні оптимальної кількості сил і засобів пожежогасіння для ліквідації пожежі в приміщенні цеху деревообробного підприємства:  $\zeta = 1$  – відсутність протипожежних відсіків;  $V_L = 1,32$  м/хв – швидкість розповсюдження пожежі;  $\alpha = 1,57$  рад – тип пожежі (кутова  $180^\circ$ );  $I_r^A = 0,2$  л/м<sup>2</sup>с – інтенсивність подачі вогнегасної речовини;  $K_3 = 2$  – коефіцієнт, який враховує площу захисту;  $d = 19$  мм – діаметр насадки на пожежний ствол;  $C_o = 2500$  грн/м<sup>2</sup> – вартість 1 м<sup>2</sup> площі

об'єкта;  $C_n = 67$  грн/хв – витрати пожежно-рятувального підрозділу за 1 хв ліквідації пожежі;  $a_1 = 3$  – мінімальна кількість пожежних стволів Б на гасіння;  $a_2 = 1$  – мінімальна кількість пожежних стволів Б на захист;  $a_3 = 1$  – мінімальна кількість пожежних стволів А на гасіння;  $L = 1,5$  км – відстань пожежного депо від об'єкта;  $V_{сл} = 32$  км/год – швидкість слідування пожежно-рятувального підрозділу на пожежу;  $a_4 = 19$  хв – мінімальне значення тривалості вільного горіння;  $b_4 = 25$  хв – максимальне значення тривалості вільного горіння;  $R_c(\tau) = 0,8$  – імовірність безвідмовної роботи пожежної техніки і приладів;  $N_n = 92$  чел – кількість працюючих в цеху деревообробного підприємства;  $\tau_{лок.оп} = 40$  хв – оптимальний час локалізації;  $[p] = 0,5$  – допустиме значення імовірності попадання досліджуваної точки в область допустимих розв'язків.

Після підготовки вхідних даних переходять до розроблення блок-схеми алгоритму.

### 5.3. Елементи блок-схем алгоритмів

Блок-схема – це сукупність символів і з'єднувальних ліній, які відповідають етапам роботи алгоритму. Суцільна лінія відображає залежності з управління між символами і може забезпечуватися стрілкою. Елементи блок-схеми (символи) стандартизовані згідно із *ГОСТ 19.701–90 (ISO 5807–85)*. Розглянемо лише основні символи, котрих буде достатньо для побудови будь-якої блок-схеми алгоритму.

**Початок**

Термінатор

Термінатором починається і закінчується будь-яка функція (блок-схема).

**Ввід**

введення або  
виведення даних

Якщо джерело даних не є принциповим, зазвичай використовується символ паралелограма. Подробиці

$a \leq b < a$

розгалуження

введення / виведення можуть бути вказані в коментарях.

Блок у вигляді ромба має один вхід і кілька підписаних виходів. Якщо з блока виходить більше ніж дві лінії (оператор вибору), всередині нього записується ім'я змінної, а на вихідних дугах - значення цієї змінної.

З'єднувач

**1**

У разі, якщо блок-схема не вміщується на лист, використовується символ з'єднувача, що відображає перехід потоку управління між листами.

**1**

Кожен блок на схемі позначається цифрою за порядком їх розміщення з лівої сторони символа так, як показано на

рис.5.1.

У випадку переходу з блока розгалуження на інший блок використовують з'єднувач з поставленням на ньому номера блока, у який переходить інформація, а на тому блоці, куди переходить інформація – номер блока, з якого вона прийшла.

З'єднувач



### Приклади розроблення блок-схеми алгоритму.

Розглянемо фрагмент блок-схеми алгоритму для прикладу.

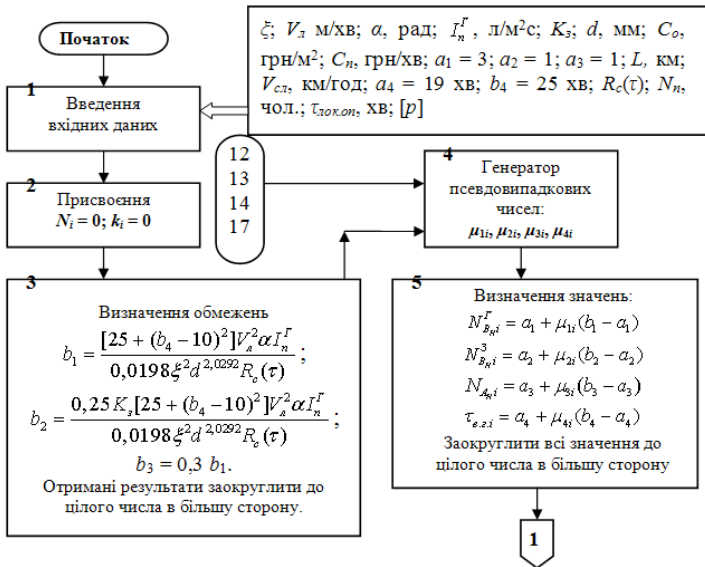


Рис. 5.1. Фрагмент блок-схеми алгоритму для введення вхідних даних, генерації псевдовипадкових чисел, визначення значень чинників обмежень



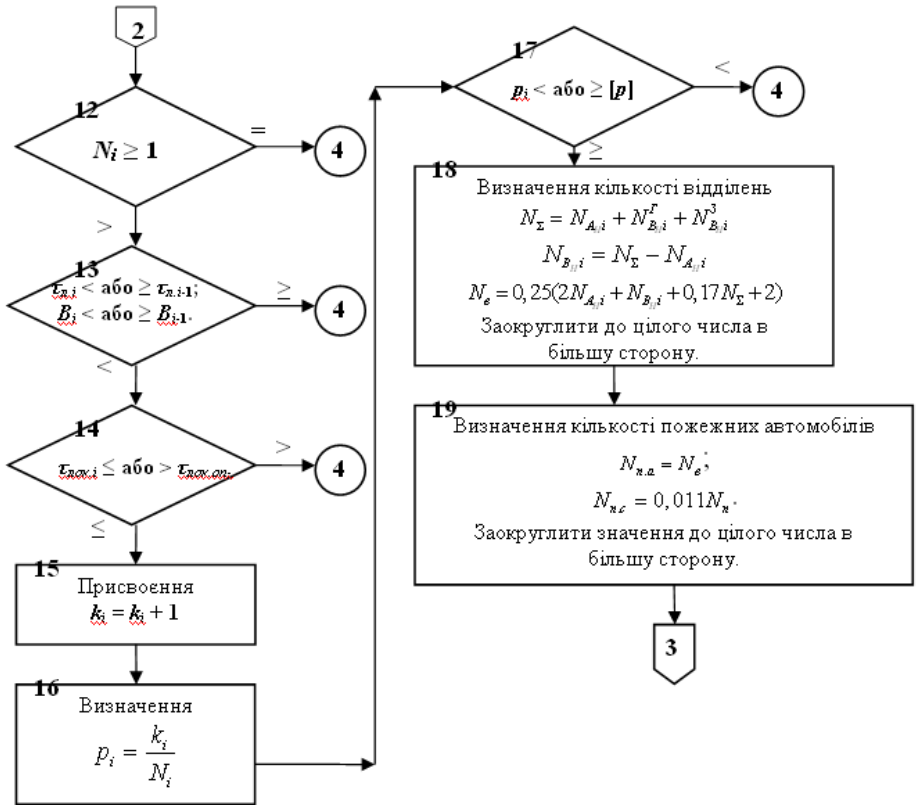


Рис. 5.2. Фрагмент блок-схеми алгоритму для визначення сил і засобів пожежогашіння

### Контрольні запитання

1. Загальна методологія розроблення оптимізаційних моделей.
2. Основні елементи блок-схем алгоритмів.
3. Методика побудови блок-схем алгоритмів.

## РОЗДІЛ 6

### ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА АНАЛІЗ ЙОГО РЕЗУЛЬТАТІВ

*Найкраще - все перевіряти  
експериментальним шляхом: тоді справді  
можна набути знань, тоді як будуючи  
здогади і роблячи висновки, ніколи не станеш  
по-справжньому освіченою людиною.  
Марк Твен*

#### 6.1. Планування інженерних експериментів

Під час вивчення будь-яких процесів досліднику в багатьох випадках необхідно встановити вплив різних факторів на зміну параметра, який досліджується. Одні фактори значною мірою впливають на величину параметра, який збільшується або зменшується відповідно до величині їх зміни, а інші майже не впливають на величину параметра.

З метою скорочення експериментальної роботи та забезпечення вимог до точності визначення значення параметра необхідно вивчати вплив основних факторів при мінімально потрібній кількості їх значень. Кількість значень факторів, при яких необхідно виконати дослідження та побудувати графічні залежності з отриманням емпіричних моделей, залежить від їхніх граничних значень і повинна

бути тим більше, чим більше співвідношення граничних значень. В інженерній практиці мінімальна кількість  $N$  значень (відповідно кількість дослідів) кожного фактора, вплив якого досліджується на зміну параметра, визначають за залежністю

$$N = \sqrt{\frac{\Phi_{\max}}{\Phi_{\min}}} + 3, \quad (6.1)$$

де  $\Phi_{\max}$ ,  $\Phi_{\min}$  – максимальне та мінімальне числові значення чинника (фактора) відповідно.

Значення інтервалу  $H$  для кожного чинника визначаємо за залежністю

$$H = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{N - 1}. \quad (6.2)$$

Після визначення величини інтервалу встановлюють для кожного з  $N$  інтервалів (дослідів) значення фактора

$$\Phi_1 = \Phi_{\min}; \Phi_2 = \Phi_1 + H; \Phi_3 = \Phi_2 + H; \dots; \Phi_N = \Phi_{N-1} + H = \Phi_{\max}. \quad (6.3)$$

На підставі отриманих даних виконують експериментальні дослідження і на підставі отриманих результатів можна будувати графічні залежності. Для впевненості отриманих результатів досліди виконують не

менше двох разів і визначають середні значення для кожної точки досліджу, за якими і будують графічні залежності.

## **6.2. Встановлення залежності від двох чи більше факторів**

В процесі вивчення впливу різних факторів  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n$  на певний параметр  $a$  дуже часто досліднику бажано отримати математичну модель виду

$$a = f(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n). \quad (6.4)$$

Для отримання такої моделі в інженерній практиці використовують методикку виконання експериментальних досліджень, яка значно скорочує об'єм обчислювальних робіт.

За цією мемодикою дослідження впливу кожного фактора на параметр  $a$  виконується окремо, при цьому впродовж усього експерименту всі інші фактори приймаються сталими і дорівнюють за значенням середньому члену свого ряду. В цьому випадку проведення експерименту для визначення впливу кожного фактора на параметр  $a$  буде здійснюватися так:

1) дослідження впливу першого фактора  $\Phi_1$  на параметр  $a$

$$a = f(\Phi_1) \quad (6.5)$$

при  $\Phi_2 = \frac{\Phi_{2\max} + \Phi_{2\min}}{2} = const$ ;  $\Phi_3 = \frac{\Phi_{3\max} + \Phi_{3\min}}{2} = const$ ; ...;

$$\Phi_n = \frac{\Phi_{n\max} + \Phi_{n\min}}{2} = const$$

2) дослідження впливу другого фактора  $\Phi_2$  на параметр  $a$

$$a = f(\Phi_2) \quad (6.6)$$

при  $\Phi_1 = \frac{\Phi_{1\max} + \Phi_{1\min}}{2} = const$ ;  $\Phi_3 = \frac{\Phi_{3\max} + \Phi_{3\min}}{2} = const$ ; ...;

$$\Phi_n = \frac{\Phi_{n\max} + \Phi_{n\min}}{2} = const$$

$n$ ) дослідження впливу  $n$ -го фактора  $\Phi_n$  на параметр  $a$

$$a = f(\Phi_n) \quad (6.7)$$

при  $\Phi_1 = \frac{\Phi_{1\max} + \Phi_{1\min}}{2} = const$ ;  $\Phi_2 = \frac{\Phi_{2\max} + \Phi_{2\min}}{2} = const$ ; ...;

$$\Phi_{n-1} = \frac{\Phi_{n-1\max} + \Phi_{n-1\min}}{2} = const.$$

Дослідження проводиться після визначення для кожного фактора  $\Phi_i$  мінімальної кількості  $N_i$  дослідів, інтервалу  $H_i$  варіювання та значень  $\Phi_i$  для кожного інтервалу

$$N_i = \sqrt{\frac{\Phi_{i \max}}{\Phi_{i \min}}} + 3; \quad (6.8)$$

$$H_i = \frac{\Phi_{i \max} - \Phi_{i \min}}{N_i - 1}; \quad (6.9)$$

$$\Phi_{i1} = \Phi_{i \min}; \Phi_{i2} = \Phi_{i1} + H_i; \Phi_{i3} = \Phi_{i2} + H_i; \dots; \Phi_{iN_i} = \Phi_{i \max}. \quad (6.10)$$

Після проведення експериментальних досліджень будують графічні залежності для всіх досліджуваних факторів в системі Microsoft Excel виду **1** (рис. 6.4) з накладанням на цю залежність **степеневої** лінії тренда **2** і з показом на графіку рівняння  $y = C_y x^m$ . Для нашого прикладу  $C_y = 12,376$ ;  $m = -1,9806$ .

На підставі отриманого на діаграмі рівняння лінії тренда можна записати, наприклад, для фактора  $\Phi_1$  залежність виду  $a = C_1 \Phi_1^m$ . Аналогічні рівняння необхідно отримати для всіх факторів, які впливають на значення параметра  $a$ , тобто для  $\Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n$ . Вказана процедура необхідна тільки для визначення значень показників степені для кожного з усіх факторів, які впливають на параметр  $a$ .

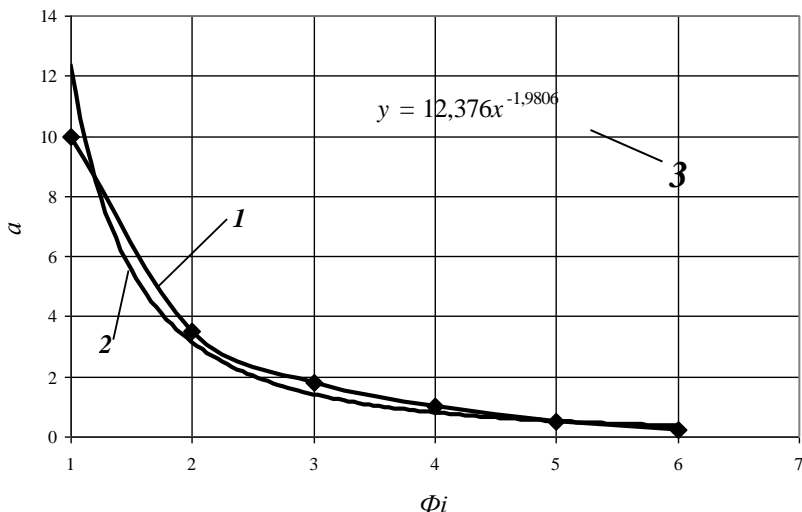


Рис. 6.1. Графічна залежність параметра  $a$  від фактора  $\Phi_i$ : 1 – результати досліджень; 2 – лінія тренда; 3 – рівняння лінії тренда на діаграмі

Загальна кількість дослідів при використанні цього методу дорівнює

$$N = \sum_{i=1}^n N_i, \quad (6.11)$$

де  $n$  – загальна кількість різних факторів, які досліджуються;  $N_i$  – кількість дослідів для кожного окремого фактора.

Після виконання дослідів, побудови графічних залежностей та отримання на діаграмах рівнянь лінії тренда можна записати залежність виду

$$a = C_a \cdot \Phi_1^m \cdot \Phi_2^k \cdot \Phi_3^p \cdot \dots \cdot \Phi_n^z, \quad (6.12)$$

де  $C_a$  – коефіцієнт пропорційності, який має розмірність для переходу від розмірності факторів  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n$  до розмірності параметра  $a$ ;

$m, k, p, \dots, z$  – показники степеня, значення яких отримано на підставі рівнянь ліній тренда.

Значення  $C_a$  можна визначити на підставі розрахунків за залежністю (6.12)

$$C_{ai} = \frac{a_i}{\Phi_{1i}^m \Phi_{2i}^k \Phi_{3i}^p \dots \Phi_{ni}^z}. \quad (6.13)$$

Загальна кількість отриманих значень  $C_{ai}$  відповідає загальній кількості дослідів  $N$ . Для визначення  $C_{ai}$  в залежність (6.13) з кожного дослідів підставляють значення факторів  $\Phi_i$  та отриманий результат дослідів, тобто параметр  $a_i$ . На підставі отриманих результатів визначають значення  $C_a$  за залежністю

$$C_a = \frac{\sum_{i=1}^N C_{ai}}{N}. \quad (6.14)$$

Визначене значення  $C_a$  дає змогу отримати модель (6.12) для визначення параметра  $a$  залежно від факторів, які досліджувалися.



### 6.3. Встановлення адекватності отриманої моделі до результатів експерименту

Для встановлення адекватності отриманої моделі (6.12) до результатів експерименту необхідно за моделлю (6.12) визначити значення аргумента  $a_i$  для кожного фактора  $\Phi_i$ , при його мінімальному і максимальному значеннях, та відповідну відносну похибку при середніх значеннях інших факторів.

Розглянемо це питання на моделі (6.12):

1) визначаємо  $a_{1\min}$  при  $\Phi_{1\min}$  і середніх значеннях інших факторів

$$a_{1\min} = C_a \cdot \hat{O}_{1\min}^{\delta} \cdot \hat{O}_{2\bar{n}\bar{a}\bar{d}}^k \cdot \hat{O}_{3\bar{n}\bar{a}\bar{d}}^p \cdot \dots \cdot \hat{O}_{i\bar{n}\bar{a}\bar{d}}^z ;$$

2) визначаємо відносну похибку  $\Delta_{1\min}$  при  $\Phi_{1\min}$  і дійсному значенні аргумента  $a_{1\min\delta}$ , який отримано за результатами експерименту і який відповідає значенню фактора  $\Phi_{1\min}$

$$\Delta_{1\min} = \frac{a_{1\min} - a_{1\min\delta}}{a_{1\min\delta}} 100\% ;$$

3) визначаємо відносну похибку  $\Delta_{1\max}$  при  $\Phi_{1\max}$

$$\Delta_{1\max} = \frac{a_{1\max} - a_{1\max\delta}}{a_{1\max\delta}} 100\% ;$$

4) визначасмо середнє значення похибки для фактора  $\Phi_1$

$$\Delta_1 = \frac{\Delta_{1\min} + \Delta_{1\max}}{2}.$$

За аналогією визначасмо середні значення похибок для всіх факторів і за отриманими даними визначасмо середнє значення похибки математичної моделі

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i \leq 10\% ,$$

де  $n$  – загальна кількість досліджувальних факторів.

Якщо середнє значення похибки  $\Delta$  математичної моделі менше або дорівнює 10%, то в інженерній практиці вважається, що адекватність забезпечується.

### **Постановка проблеми**

В нашій країні, як і в інших країнах світу, виникає значна кількість надзвичайних ситуацій, зокрема повені, зсуви в гірських місцевостях, вибухи на складах зберігання військового спорядження, пожежі тощо. Найбільшу питому вагу з наведених надзвичайних ситуацій займають пожежі.

За статистичними даними в Україні щоденно виникає понад 200 пожеж, які забирають життя близько 4 осіб. За таких умов необхідно підвищувати ефективність функціонування пожежно-рятувальних служб шляхом

інформування їх, наприклад, даними про виникнення на території, яка обслуговується відповідним підрозділом, можливих видів надзвичайних ситуацій, в тому числі і пожеж. Тому необхідно насамперед мати автоматизовану систему оперативного отримання таких даних про статистику виникнення надзвичайних ситуацій в районі обслуговування пожежно-рятувальною частиною. Для розв'язування цієї задачі найбільш доцільно розробити відповідний науково обґрунтований метод оперативного прогнозування надзвичайних ситуацій.

#### **6.4. Аналіз методів прогнозування надзвичайних ситуацій**

Відомо, що статистика виникнення пожеж є передумовою їх об'єктивного прогнозування [1]. На підставі такого обліку вдосконалюється система статистики пожеж, що сприяє розробленню нових та удосконаленню чинних нормативних документів, а також Державних стандартів у галузі пожежної безпеки.

Крім цього, статистичні дані дозволяють прогнозувати пожежі та їхні наслідки з використанням методу екстраполяції з урахуванням коефіцієнтів сезонних коливань. Безумовно, цей метод може бути застосований лише для короткострокового прогнозування, але він вже є значним досягненням, пройшовши апробацію в УкрНДІЦЗ ДСНС України. Для прийняття конкретних рішень на підставі прогнозування, особливо пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України, необхідно заздалегідь мати певні прогнозовані дані за результатами статистики, які на сучасному етапі отримати дуже важко. Тому ставиться задача розглянути метод оперативного прогнозування виникнення пожеж на наступний період (до 0,5...1 року), прямих збитків від них тощо на підставі результатів статистики.

#### **Метод прогнозування надзвичайних ситуацій**

Розглянемо розроблення методу оперативного прогнозування пожеж на підставі статистики їх виникнення з використанням статистичних кореляційних зв'язків між випадковими величинами, на які реагують математичне сподівання або середнє значення.

Статистичні зв'язки можуть бути дуже складними. Найбільш простим видом статистичного зв'язку, який має важливе практичне значення, є, так званий, кореляційний зв'язок. Кореляційний зв'язок може бути прямолінійним або криволінійним. У загальному вигляді зв'язок між середнім значенням випадкової величини  $\bar{y}_x$  та  $x$  може бути записаний рівнянням

$$\bar{y}_x = f(x). \quad (6.13)$$

Рівняння (6.13) називають кореляційним рівнянням. Для отримання цього рівняння необхідно насамперед встановити наявність зв'язку між чинниками  $x$  та  $y$  за допомогою коефіцієнта кореляції  $r$  для прямолінійних зв'язків і кореляційного відношення  $\eta_y$  для криволінійних зв'язків. Значення  $r$  та  $\eta_y$  можна визначити за залежностями

$$r = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}; \quad (6.14)$$

$$\eta_y = \frac{\sigma_{y_x}^-}{\sigma_y}, \quad (6.15)$$

де  $C_{xy}$  – ковариація;

$$C_{xy} = \frac{\sum n_{xy} x_y}{n} - \bar{x} \bar{y}; \quad (6.16)$$

$n_{xy}$  – частота пари значень  $x$  та  $y$ , яку визначають на підставі даних статистики;  $x_y$  – значення  $x$  залежно від  $y$ ;  $n$  – загальне число випадків;  $\bar{x}$  – середнє значення  $x$ ;  $\bar{y}$  – середнє значення  $y$ ;  $\sigma_x$  та  $\sigma_y$  – відповідно середньоквадратичне відхилення значень  $x$  та  $y$  від їх середніх значень;

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum n_x x^2}{n} - \bar{x}^2}; \quad (6.17)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum n_y y^2}{n} - \bar{y}^2}; \quad (6.18)$$

$n_x$ ,  $n_y$  – частота відповідних значень  $x$  та  $y$ ;  $\sigma_{y_x}^-$  – середньоквадратичне відхилення значень середньої  $\bar{y}_x$  від загальної середньої  $\bar{y}$ ;

$$\sigma_{\bar{y}_x} = \sqrt{\frac{\sum n_x (\bar{y}_x - \bar{y})^2}{n}}. \quad (6.19)$$

У випадку, коли коефіцієнт кореляції  $r = \pm 1$ , то  $x$  та  $y$  пов'язані прямолінійним зв'язком виду  $y = ax + b$  або  $x = cy + d$ . Якщо  $\eta_y = 0$ , то між  $x$  та  $y$  відсутній кореляційний зв'язок і навпаки, якщо  $\eta_y = 1$ , то між  $x$  та  $y$  існує однозначний кореляційний зв'язок, тобто чим ближче  $\eta_y$  до 1, тим тісніший кореляційний зв'язок.

Для спрощення та оперативності розв'язування поставленої задачі скористаємося трендовими моделями, для використання яких можна використовувати пакет прикладних програм Microsoft Excel ПЕОМ. Під трендом (у вузькому сенсі) розуміється детермінована складова, яка залежить тільки від часу. Тоді часовий ряд можна представити такою теоретико-імовірнісною моделлю

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t,$$

де  $f(t)$  – тренд;  $\varepsilon_t$  – випадкова складова;  $t = 1, 2, 3, \dots, n$  – відомий відрізок тимчасового ряду.

Пакет прикладних програм Microsoft Excel має такі тренди: лінійний, логарифмічний, поліноміальний,

степеневий та експоненціальний. Використання того, чи іншого тренда дозволяє апроксимувати та згладжувати графічні результати, які побудовані на підставі статистичних даних, та отримувати на діаграмі відповідне рівняння, а також кореляційне відношення  $\eta_y$  для криволінійних зв'язків.

У Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності були проведені дослідження з метою вибору для оперативного прогнозування надзвичайних ситуацій відповідного тренда, який би давав найменшу відносну похибку та найменший ризик в прогнозуванні. Для цього використовувалися відомі статистичні дані за період з 2021 по 2022 рік, які порівнювалися з прогнозованими, отриманими на підставі використання відповідних трендів з одночасним визначенням величини ризику та відносної похибки.

Для визначення кількісної відносної величини ризику  $\alpha$  скористаємося залежністю, яка була отримана на підставі аналізу даних роботи []:

$$\alpha = 1 - \frac{\bar{y}_{np}}{y_o}, \quad (6.20)$$



де  $\bar{y}_{np}$  – прогнозоване середнє значення чинника за відомий останній звітний період;  $y_d$  – дійсне значення чинника за відомий останній звітний період.

У випадку, коли  $\bar{y}_{np} > y_d$  необхідно в залежності (6.20) використовувати обернений дріб.

Для визначення відносної похибки  $\Delta$  використовували залежність

$$\Delta = \frac{y_d - \bar{y}_d}{\bar{y}_d} \cdot 100\% , \quad (6.21)$$

де  $y_d$  – дійсне значення чинника за відомий останній звітний період;  $\bar{y}_d$  – прогнозоване середнє значення чинника за відомий останній звітний період.

Результати досліджень, які виконувалися з використанням статистичних даних, будувалися у вигляді графічних залежностей в Microsoft Excel та накладанням на графічні залежності ліній тренда (приклад наведено на рис. 1), показали такі середні значення ризиків та відносних похибок: лінійна залежність –  $\alpha = 0,15...0,20$  при  $\Delta = 16...20\%$ ; поліноміальна залежність –  $\alpha = 0,07...0,098$  при  $\Delta = 7,8...10,2\%$ ; експоненціальна залежність –  $\alpha = 0,154...0,217$  при  $\Delta = 12,78...13,75\%$ ; степенева залежність –  $\alpha =$

0,127...0,153 при  $\Delta = 12,94...15,8\%$ ; логарифмічна залежність –  $\alpha = 0,14...0,20$  при  $\Delta = 11,9...13,2\%$ .

На підставі аналізу отриманих результатів з ризику та відносної похибки розглянутих трендів можна зробити висновок, що найбільш точні результати для прогнозування були отримані з використанням тренда для поліноміальної залежності.

Для прогнозування результатів за отриманими рівняннями необхідно спочатку за їх допомогою визначити середні статистичні значення  $\bar{y}$  за відомий останній звітний період, а потім - середні значення на прогнозований період, тобто до кінця терміну прогнозування.

Таблиця 6.1

Прогноз надзвичайних ситуацій на 2023 рік

№	Назва показників в	Роки		№	Назва показників	Роки	
		2022	2023 прогно з			2022	2023 прогн оз
1	Кількість пожеж і загорянь	48082	47416	6	Знищено, пошкоджено техніки (од)	2532	2804
2	Збитки	200552	288342	7	Знищено	15155	19669

*Організація наукових досліджень та представлення їх результатів*

	прямі, тис. грн				кормів, тн		
3	Збитки побічні, тис. грн	547067	691211	8	Кількість пожеж і загорянь у містах та сМТ	32091	31133
4	Загинуло людей у наслідок пожежі	4027	4214	9	Кількість пожеж і загорянь у селах	15991	16283
5	Знищено, пошкодже но будівель, споруд (од.)	20232	22835	10	Кількість пожеж і загорянь на 10 тис. населення	10,3	10,4

Після цього необхідно визначити відсоток збільшення або зменшення цих даних і врахувати цю зміну з використанням останніх звітних статистичних даних, що і буде прогнозованим результатом до кінця терміну прогнозування.

Результати виконаних досліджень дали змогу зробити прогноз стану пожеж та наслідків від них на 2023 рік (табл. 6.1) з наведенням даних статистики за 2022 рік. Результати аналізу отриманих даних і порівняння їх з дійсною кількістю пожеж за 2023 рік показали, що загальна похибка прогнозу не перевищує 6%.

Крім цього, був отриманий прогноз кількості пожеж і загорянь на кожний місяць 2023 року, а саме: січень – 4026; лютий – 3890; березень – 3882; квітень – 3974; травень – 3984; червень – 3903; липень – 3984; серпень – 3994; вересень – 3949; жовтень – 3949; листопад – 3928; грудень – 3953.

### **6.5. Розвиток науки про надійність**

*Надійність* - це властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати цим об'єктом потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Перші дослідження в галузі надійності і розробка її концепцій розпочалися наприкінці другої світової війни. Причиною організації робіт стало усвідомлення в США того факту, що створена під час війни техніка не забезпечувала достатньої ефективності її використання внаслідок

багаточисельних відмов. Так, наприклад, до 60% літаків, призначених для бойових дій на Далекому Сході, виявились недієздатними; 50% електронної апаратури виходило з ладу уже під час її зберігання ще до використання за призначенням. Те, що найнижчою надійністю володіла електронна апаратура, стало поштовхом до першочергового розгортання робіт з надійності стосовно цих видів техніки. Першими установами, що розгорнули такі дослідження надійності військового спорядження, були спеціально створені в США Комітет розвитку електронних ламп (1943 р.), Управління з електронних ламп (1946 р.), Управління з аеронавігаційної радіоапаратури (1946 р.), Управління з авіаційних матеріалів (1947 р.), Управління з дослідження і розвитку в області авіації (1950 р.). В цей період до розгортання дослідницьких робіт в галузі надійності приєдналось багато інших науково-дослідних організацій.

В серпні 1952 року в США була організована консультативна група з надійності в галузі електронної апаратури, яка розробила перші стандарти з надійності.

Перший національний симпозіум, присвячений проблемі надійності, відбувся в Нью-Йорку в 1954 р., після чого він став регулярним науковим форумом.

Наступний розвиток робіт в галузі надійності розділяють на такі три етапи.

*Перший етап* (1943 – 1958 р.р.) називають «олівцево-паперовим». В цей період проводився статистично-імовірнісний опис напрацювань до відмови, що розподілялись за експоненціальним законом. Моменти настання і причини відмов розглядалися як випадкові події, що володіють, «фатальною неминучістю», як «внутрішня властивість елементів» без аналізу причин, що викликають появу підмов.

*Другий етап* (1958 – 1968р.р.) характеризувався широким розвитком робіт з експериментальної оцінки фактичної надійності, збиранням та опрацюванням експлуатаційної інформації з надійності. Основним результатом цього етапу є перегляд концепції про «випадковість причин відмов і їхню неминучість». Багато випадкових відмов було пояснено, встановлено взаємозв'язок між конструкцією виробів, технологією і причинами відмов. Інформація про надійність виробів стала повнішою і внесла істотне пояснення в сутності відмов.

*Третій етап* (з 1968 р.) характерний як подальшим розвитком математичної теорії надійності, так і зближенням цієї науки з технічними дисциплінами, наданням надійності

інженерної спрямованості. Як справедливо зазначив академік НАНУ Б. В. Гніденко, «математика є лише засобом дослідження і розрахунку, але не самоціллю. Насамперед повинна стояти інженерна проблема, і для її розв'язку потрібно залучати той науковий апарат, який найближче відповідає природі явища, що вивчається».

### **Вибір та обґрунтування показників надійності**

Для вибору та обґрунтування показників надійності, тобто кількісної характеристики однієї чи декількох властивостей надійності об'єкта, розглянемо показники безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збережуваності. Ці показники за кількістю властивостей надійності можуть бути *одиничними* і *комплексними*.

Згідно з ДСТУ 2860-94:

- **безвідмовність** об'єкта характеризують: імовірність безвідмовної роботи  $R(t)$ ; інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ ; середня інтенсивність відмов  $\lambda(t_1, t_2)$ ; параметр потоку відмов  $z(t)$ ; середнє напрацювання до відмови  $MTTF$  (в технічній та довідковій літературі цей показник позначають літерою  $T$ ); середнє напрацювання на відмову  $MTBF$  ( $T_B$ ); гамма-відсоткове напрацювання на відмову  $T_\gamma$ ;

- **довговічність** об'єкта характеризують: середній ресурс  $T_p$ ; гамма-відсотковий ресурс  $T_{p\gamma}$ ; середній термін служби  $T_{сл}$ ; гамма-відсотковий термін служби  $T_{сл\gamma}$ ;

- **ремонтпридатність** об'єкта характеризують: імовірність відновлення  $M(t)$ ; середня тривалість відновлення  $MTTR$  ( $T_{від}$ ); гамма-відсоткова тривалість відновлення  $T_{від\gamma}$ ; інтенсивність відновлення  $\mu(t)$ ; середня інтенсивність відновлення  $\mu(t_1, t_2)$ ;

- **збережуваність** об'єкта характеризують: середній термін збережуваності  $T_{зб}$ ; гамма-відсотковий термін збережуваності  $T_{зб\gamma}$ ;

- **комплексні показники надійності** об'єкта характеризують: коефіцієнт готовності  $A(t)$ ; коефіцієнт неготовності  $U(t)$ ; середній коефіцієнт готовності  $A(t_1, t_2)$  та інші.

На підставі результатів аналізу робіт з надійності різних об'єктів можна рекомендувати для оцінки їх надійності та складових елементів такі показники:

1) **безвідмовність** - середнє напрацювання на відмову  $T_B$ ; гамма-відсоткове напрацювання на відмову  $T_\gamma$  (значення цього показника встановлюється з деякою імовірністю  $\gamma$ , яка для більшості виробів серійного виробництва  $\gamma = 90...95\%$ ); імовірність безвідмовної роботи  $R(t)$ ;



2) *ремонтпридатність* - середня тривалість відновлення  $T_{\text{від}}$ ;

3) *комплексний показник надійності* - коефіцієнт готовності  $A(t)$ .

### Визначення показників надійності

На підставі аналізу основних положень теорії надійності було встановлено, що для визначення імовірності безвідмовної роботи найдоцільніше використовувати розподіл Вейбулла, густину якого  $f(\tau)$  можна визначити з використанням залежності

$$f(\tau) = \frac{b}{a} \left( \frac{\tau}{a} \right)^{b-1} \cdot \exp \left[ - \left( \frac{\tau}{a} \right)^b \right], \quad (6.22)$$

де  $a$  – параметр масштабу, наприклад, середнє значення напрацювання об'єкта на відмову  $T_B = a$ ;  $b$  – параметр форми густини розподілу;  $\tau$  – дійсне значення напрацювання об'єкта.

Розподіл Вейбулла був прийнятий за основу виходячи з того, що на різноманітних технологічних операціях завжди застосовують технічні засоби, імовірність відмови яких у більшості випадків визначають з використанням цього розподілу. Крім цього, для визначення параметра форми  $b$ , від значення якого залежить вид розподілу

(експоненціальний, Вейбулла, нормальний), використовувався метод статистичного моделювання показників надійності, який не наводиться.

У разі, коли параметр форми  $b \leq 1$ , то розподіл Вейбулла перетворюється на експоненціальний, який визначають з використанням залежності

$$f(\tau) = \lambda \exp(-\lambda \tau), \quad (6.23)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність відмов.

Інтенсивність відмов для експоненціального розподілу визначають за залежністю

$$\lambda = \frac{1}{T_A}, \quad (6.24)$$

де  $T_B$  - середнє значення часу (чи іншого чинника) напрацювання на відмову.

Час напрацювання на відмову наведено в стандартах або в нормативних документах і його значення визначають на підставі результатів експерименту або експлуатації відповідного об'єкта

$$T_A = \frac{\sum_{i=1}^k T_{\hat{A}i}}{m_k}, \quad (6.25)$$

де  $T_{Bi}$  - час безперервної роботи об'єкта після відновлення між двома суміжними відмовами;  $k$  - загальна кількість

відмов при дослідженні  $N$  об'єктів;  $m_k$  - математичне сподівання кількості відмов  $N$  об'єктів до напрацювання  $T_B$

$$m_k = \frac{\sum_{i=1}^N k_i}{N}, \quad (6.26)$$

де  $k_i$  - одинична відмова за час  $T_{Bi}$  безперервної роботи об'єкта.

Тоді імовірність відмови  $F(\tau)$ , або імовірність безвідмовної роботи  $R(\tau)$  об'єкта можна визначити за залежностями

$$F(\tau) = \int_0^{\tau} \lambda e^{-\lambda\tau} d\tau = 1 - e^{-\lambda\tau} = 1 - \exp(-\lambda\tau); R(\tau) = \exp(-\lambda\tau). \quad (6.27)$$

У разі, коли параметр форми  $1 < b \leq 2$ , значення імовірність відмови, або імовірність безвідмовної роботи можна визначити з використанням розподілу Вейбулла. В цьому випадку

$$F(\tau) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\tau}{\hat{\theta}_A}\right)^b\right]; R(\tau) = \exp\left[-\left(\frac{\tau}{\hat{\theta}_A}\right)^b\right]. \quad (6.28)$$

У разі, коли параметр форми  $b > 2$ , значення імовірність відмови, або імовірність безвідмовної роботи

можна визначити з використанням нормального розподілу, згідно із залежністю

$$F(\tau) = 0,5 + \Phi(u_p); R(\tau) = 0,5 - \Phi(u_p) \quad (6.29)$$

де  $\Phi(u_p)$  - функція Лапласа (ця функція є непарною, тобто  $\Phi(-u_p) = -\Phi(u_p)$ );  $u_p$  – квантиль нормального розподілу.

Функцію Лапласа і квантиль нормального розподілу можна визначити за залежністю

$$\Phi(u_p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{u_p} e^{-\frac{u_p^2}{2}} du_p; \quad (6.30)$$

$$u_p = \frac{\tau - T_B}{S_\tau}, \quad (6.31)$$

де  $S_\tau$  - середнє квадратичне відхилення напрацювання  $\tau$ , яке визначають з використанням залежності для випадку, коли  $N \leq 25$

$$S_\tau = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\tau_i - T_B)^2}{N-1}}; \quad (6.32)$$

$\tau_i$  - час напрацювання на відмову одного  $i$ -го об'єкта з  $N$  об'єктів, які досліджуються.

Для визначення функції Лапласа необхідно спочатку визначити квантиль нормального розподілу згідно з (6.31)

для відповідного часу  $\tau$ , а потім з використанням довідника, в якому розміщені таблиці функції Лапласа, вибрати значення  $\Phi(u_p)$ .

Коефіцієнт готовності визначають за залежністю

$$A(t) = \frac{T_B}{T_B + T_{від}}, \quad (6.33)$$

де  $T_B$  – середнє напрацювання на відмову;

$T_{від}$  – середня тривалість відновлення.

### **Метод статистичного моделювання надійності об'єктів**

Процес успішної локалізації та гасіння пожежі на будь-якому об'єкті залежить від професійної майстерності пожежних, їх бойової готовності, мобільного керування тактикою гасіння та **надійності** пожежної техніки. З наведеного переліку факторів, які впливають на процес ліквідації пожежі, можна виділити найбільш впливовий – надійність пожежної техніки. Наприклад відомо, що внаслідок відмов пожежної техніки в процесі ліквідації пожежі її тривалість може збільшуватися в 1,25...2 рази, що призведе до збільшення втрат як для об'єкта, так і для пожежно-рятувального підрозділу.

Згідно із стандартом ДСТУ 2860-94, основними показниками надійності є імовірність безвідмовної роботи  $R(\tau)$  та коефіцієнт готовності  $A(\tau)$  кожного складового елемента та системи загалом. Результати аналізу чинних стандартів стосовно пожежно-рятувального обладнання та техніки (ДСТУ 3687-98, ДСТУ 2111-92, ДСТУ 2112-92, ДСТУ 2802-94, ДСТУ-П 7290:2012 та інших), а також науково-технічної та довідникової літератури, показали, що для пожежно-рятувального обладнання та техніки відсутні значення основних показників надійності. В деяких стандартах наведено тільки значення напрацювання на відмову, але в більшості випадків вони є не обґрунтованими. Тому виникає проблема у визначенні хоча б в деякій мірі наближених до дійсних значень основних показників надійності пожежної техніки для локалізації та гасіння пожежі, що дасть змогу з їх урахуванням забезпечити якісний процес ліквідації пожежі.

Стосовно надійності пожежної техніки, та в 90 роках минулого століття були розроблені ДСТУ, в яких почали вводити значення показників надійності. Наприклад, в ДСТУ 3286-95 (ГОСТ 26938-95) Автомобілі гасіння. Загальні технічні умови, який пізніше був замінений ДСТУ-П 7290:2012, наведено значення тривалості напрацювання на

відмову у вигляді пробігу автомобілем 5000 км при швидкості руху 50 км/год, що відповідає  $T_B = 100$  год. Але крім цього показника надійності в стандарті нічого не наведено. Тому неможливо щось прогнозувати стосовно імовірності безвідмовної роботи. Крім цього, наведене значення  $T_B = 100$  год є не обґрунтованим.

Але, навіть за наявності розглянутих результатів досліджень, виникає проблема в тому, що зовсім не розглядалося визначення основних показників надійності для пожежної техніки як для системи, яка складається з багатьох елементів. Тому ставиться задача розробити методологію визначення основних показників надійності пожежної техніки з урахуванням надійності кожного її конструктивного елемента та відповідно забезпечення якісної локалізації та гасіння пожежі.

Для розв'язування поставленої проблеми ставиться мета розглянути методологію визначення основних показників надійності пожежної техніки, з урахуванням якої забезпечується можливість якісної локалізації та гасіння пожежі. Для цього необхідно розв'язати такі задачі: 1) обґрунтувати вибір основних типів пожежної техніки з виділенням блоків надійності ліквідації пожеж на деревообробних підприємствах; 2) визначити значення

основних показників надійності конструктивних елементів кожного блока пожежної техніки з використанням методу статистичного моделювання; 3) розробити метод врахування основних показників надійності пожежної техніки при визначенні її необхідної кількості для ліквідації пожежі.

Для вирішення поставленої проблеми переходимо до розв'язання поставлених задач.

***1. Вибір основних типів пожежної техніки для ліквідації пожеж на деревообробних підприємствах.***

Гасіння пожеж на підприємствах головним чином здійснюється водою. Тому для ліквідації пожежі в цьому випадку використовують автоцистерни пожежні типу АЦ. З прибуттям пожежно-рятувальних підрозділів на об'єкт, де виникла пожежа, в процесі їх оперативного розгортання, в першу чергу необхідно поставити автоцистерни пожежні на найближчі вододжерела і розгорнути пожежні рукава від вододжерел до осередку пожежі, в тому числі від гідрантів кільцевої господарчо-пожежної водної магістралі високого тиску.

Для забору води із гідрантів цієї магістралі використовують колонки пожежні типу КП У1 ДСТУ 2801 - 94. Від колонки пожежної за допомогою рукава пожежного типу Т У1 ДСТУ 3810 - 98 вода подається до автоцистерни.



Розглянута система подачі води до автоцистерни є *першим блоком надійності* пожежної техніки.

*Другим блоком надійності* пожежної техніки є автомобіль гасіння типу АЦ. Для визначення надійності цього блоку виділимо основні конструктивні елементи, які впливають на її значення. До таких елементів можна віднести: замок запалювання автомобіля, акумулятор, реле стартера автомобіля, стартер, автомобільний двигун, коробка швидкостей, коробка відбору потужності, карданна передача, насос пожежний відцентровий.

*До третього блоку надійності* пожежної техніки відносять: рукав пожежний напірний від насоса пожежного відцентрового до триходового розгалуження рукавного, три паралельних рукава пожежних напірних, три паралельно працюючих пожежних стволи ручних, з яких один ствол А, і два стволи Б.

**2. Визначення значень основних показників надійності конструктивних елементів кожного блока пожежної техніки з використанням методу статистичного моделювання.** Для визначення основних показників надійності всіх блоків пожежної техніки скористаємося методом статистичного моделювання. Цей метод використовують для уточнення значення тривалості

напрацювання на відмову. Як основу для виконання методу статистичного моделювання використовують закон розподілу Вейбулла, а саме: імовірність безвідмовної роботи

$$R(\tau) = \exp\left[-\left(\frac{\tau}{T_B}\right)^b\right], \quad (6.34)$$

де  $\tau$  – тривалість виконання роботи елементом конструкції у часі або у циклах відповідним блоком пожежної техніки в процесі ліквідації пожежі;  $T_B$  – максимально можлива тривалість роботи елемента конструкції у часі або у циклах відповідного блока пожежної техніки до першої відмови;  $b$  – параметр форми кривої розподілу; у випадку коли  $b \leq 1$ , розподіл наближається до експоненціального закону; якщо  $1 \leq b \leq 2$  – розподіл наближається до закону розподілу Вейбулла; у випадку коли  $b > 2$  – розподіл стає близьким до нормального закону розподілу.

Використовуючи значення випадкових чисел  $X_i$  в інтервалі  $[0, 1]$  і приймаючи ці значення як імовірність безвідмовної роботи  $R_i(\tau)$ , можна визначити значення тривалості  $\tau_i$  виконання роботи елементом конструкції у часі або у циклах з використанням залежності (13)

$$\tau_i = T_B^b \sqrt[-b]{-\ln R_i(\tau)}. \quad (14)$$

Використовуючи залежність (14) та підставляючи в неї замість  $R_i(\tau)$  випадкові числа  $X_i$ , можна статистичним моделюванням визначити: 1) параметри розподілу  $T_B$  і  $b$  у випадку, якщо напрацювання  $\tau$  встановлено експериментально; 2) напрацювання  $\tau$  за залежністю (14), якщо параметри розподілу  $T_B$  і  $b$  відомі для аналогічних виробів чи систем. В нашому випадку будемо використовувати перший напрямок моделювання.

Статистичну оцінку імовірності того, що час безвідмовної роботи  $\tau$  системи не перевищує  $\tau_i$ , визначаємо за залежністю

$$R(\tau_i) = 1 - \frac{i}{N+1}, \quad (15)$$

де  $i = 1; 2; 3; \dots; n$  – цілі числа, які вказують номер проведення числового експерименту;  $N$  – загальна кількість проведених числових експериментів (реалізація випадкового процесу).

Для розгляду розподілу отриманих значень методу статистичного моделювання за основу приймають графічний метод з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel. Після побудови графічної залежності на неї накладають лінію тренда з отриманням рівняння прямої, яка не проходить через початок координат, у вигляді

$$y = bx - c \quad (16)$$

де  $b$  – параметр форми, який дорівнює  $\operatorname{tg} \alpha$ , тобто тангенсу кута нахилу  $\alpha$  лінії тренда до осі  $X$ .

Після виконання не складних математичних перетворень залежності (13), тобто подвійного логарифмування, отримуємо

$$\lg(-\lg R(\tau_i)) = b \lg \tau_i - c ; \quad (17)$$

$$c = 0,362 + b \lg T_B . \quad (18)$$

Тоді

$$T_B = 10^{\frac{c-0,362}{b}} . \quad (19)$$

На підставі розглянутого методу статистичного моделювання визначимо основні показники надійності колонки пожежної типу КП У1 ДСТУ 2801 – 94.

**Колонка пожежна** типу КП У1 ДСТУ 2801 – 94. Для оцінки надійності колонки пожежної розраховуємо десять ( $N=10$ ) значень напрацювання системи до відмови. Розподіл напрацювання системи приймаємо відповідно до закону розподілу з параметрами  $T_B=300$  циклів (згідно із ДСТУ 2801 – 94),  $b = 2$ . Результати моделювання розподілу напрацювання на відмову заносимо до табл. 1, на підставі яких будемо графічну залежність (рис. 1).

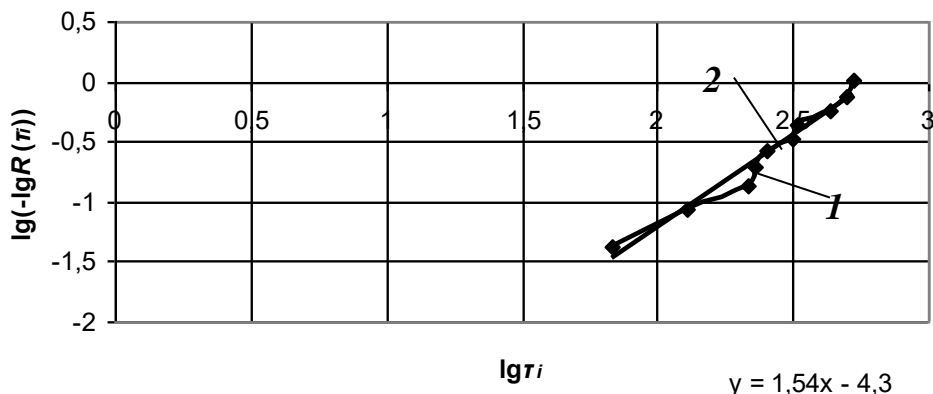


Рис. 1. Розподіл напрацювання на відмову колонки  
пожежної:

1-крива розподілу; 2-лінія тренда

Отримавши залежність (16) виду  $y = 1,54x - 4,3$  (рис. 1), визначаємо уточнене значення напрацювання колонки пожежної на відмову за умови, що  $b = 1,54$ , а  $c = 4,3$

$$T_B = 10^{\frac{4,3-0,362}{1,54}} = 360 \text{ циклів.}$$

Враховуючи, що колонка пожежна знаходиться в експлуатації певний час, тобто 18 разів використовувалася при ліквідації пожеж, а за одну ліквідацію пожежі на ній виконують до 10 циклів вмикань, то можна прийняти тільки залишок циклів для врахування напрацювання на відмову, який дорівнює в середньому  $T_B = 180$  циклам. Тоді

імовірність безвідмовної роботи за законом розподілу Вейбулла буде

$$R(10) = \exp \left[ - \left( \frac{10}{180} \right)^{1,54} \right] = 0,945.$$

Визначена імовірність безвідмовної роботи  $R(10) = 0,945$  відповідає цьому значенню у випадку, коли коефіцієнт готовності  $A(\tau)$  буде дорівнювати

$$A(\tau) = \frac{\dot{O}_{\hat{A}}}{\dot{O}_{\hat{A}} + \dot{O}_{\hat{a}i}} = \frac{180}{180 + 4} = 0,978,$$

де  $T_{\text{від}}$  – тривалість відновлення колонки пожежної після першої відмови;  $T_{\text{від}} = 4$  год .

### **Контрольні запитання**

1. Як планувати інженерні експерименти?
2. Як отримати математичну залежність від двох або декількох факторів?
3. Як перевірити адекватність отриманої моделі до результатів експерименту?
4. Які існують методи прогнозування надзвичайних ситуацій?
5. В чому полягає метод прогнозування надзвичайних ситуацій?
6. Як після побудови графічної залежності на підставі статистики визначити прогноз?
7. В якому випадку використовують коефіцієнт кореляції  $r$  і в якому кореляційне відношення  $\eta_y$  ?
8. Основні етапи розвитку науки про надійність.
9. На чому ґрунтується вибір та обґрунтування показників надійності?
10. Основні залежності для визначення показників надійності.
11. В чому полягає метод статистичного моделювання надійності об'єктів?

## РОЗДІЛ 7

### ВИНАХІДНИЦТВО ЯК ЕВРИСТИЧНИЙ СПОСІБ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

*Наука – це організовані знання,  
мудрість – це організоване  
життя.*

*Іммануїл Кант*

#### **7.1. Теорія алгоритмів рішень винахідницьких задач.**

Зі століття в століття винахідницькі задачі ставали усе більш складними, а методи їхнього рішення майже не удосконалювалися, як правило, винахідники йшли до мети шляхом "проб і помилок".

Фахівці говорять, що було б дуже зручним, якби винаходи були результатом логічного й упорядкованого процесу. На жаль, це не так. Винаходи є продуктом того, що психологи називають "інтуїцією" – несподіваним спалахом натхнення, механізм якого лежить у глибинах людського розуму.

Раніше процес винахідництва представляв наступну схему процесу:

➤ Перший акт – акт інтуїції і бажання. Походження задуму (постановка задачі).

➤ Другий акт – акт знання і міркування. Вироблення схеми або плану (рішення задачі).

➤ Третій акт – акт уміння. Конструктивне виконання (втілення задачі).

Разом з тим ця схема настільки неконкретна, що практично нічого не дає винахідникові. Аж до недавнього часу.

Нині процес винахідницького творчості враховує складність завдань із створенню будь-якого технічного



об'єкта. Складність завдань може мати п'ять рівнів, причому кожному рівні, можливо 6 стадій (А, Б, У, Р, Д, Є).

У цілому нині процес винахідницького творення з таких стадій:

- > вибір завдання;
- > вибір пошукової концепції;
- > збирати інформацію;
- > пошук ідеї рішення;
- > розвиток ідеї на конструкцію;
- > впровадження.

У цілому процес винахідницької творчості складається зі стадій, що включають: вибір задачі; вибір пошукової концепції; збір інформації; пошук ідеї рішення; розвиток ідеї в конструкцію; упровадження.

Для того, щоб здійснити всі стадії творчого процесу при винахідництві вчені і фахівці намагалися розробити теорію винахідництва і створити необхідну методика.

Теорія винахідництва виходить з того, що розвиток техніки, як і всякий розвиток, відбувається за законами діалектики, і відповідно вона ґрунтується на додатку діалектичної логіки до творчого рішення технічних задач.

Але для створення працездатної методики однієї логіки недостатньо. Методика винахідництва узагальнює критично відібрані найбільш коштовні прийоми й основна її ціль - наукова організація творчої праці .

В даний час процес рішення винахідницьких задач можливо розглядати як методика по встановленню послідовності операцій по виявленню, уточненню і подоланню технічного протиріччя.

Спрямованість мислення досягається орієнтуванням на ідеальний спосіб, ідеальний пристрій. На всіх етапах рішення використовується системний підхід і треба враховувати, те що будь-яка винахідницька задача може бути вирішена в результаті планомірних розумових операцій, при

цьому головного значення набуває правильна організація творчого процесу.

У наш час довгі пошуки ідеї, рішення свідчать не тільки про наполегливість винахідника, але і про погану організацію творчості.

Творчість цілком сумісна із системою, із плановірністю. Творчість характеризується не осяянням і натхненням, а результатом роботи. Якщо створено щось нове, виходить, робота творча.

Творчість – поняття мінливе: його зміст постійно оновлюється. Весь зміст теорії винахідництва, по суті, полягає в тому, що задачі, які сьогодні по праву вважаються творчими, вона дозволяє вирішувати на тій рівні організації розумової праці, яка буде завтра.

Потрібно пам'ятати, що нові машини не виникають "з нічого". У будь-якій сучасній машині (механізмі, технічній системі) акумулюються десятки, сотні і тисячі послідовних винаходів. Навіть на олівець видано більш 20 тисяч патентів і авторських свідоцтв.

Кожен винахід підштовхує розвиток машин, при цьому виходять з того, що рішення винахідницької задачі – це той випадок, коли взагалі немає готового ключа (рецепта) для цього рішення.

Разом з тим відомо, що машини розвиваються не "як-небудь", а у визначеній логічній послідовності. Вони можуть з'явитися якихось середніх розмірів, а потім як менших, так і великих розмірів. Це наочно видно при створенні вантажних автомобілів. Вони є як малої, середньої, так і великої вантажопідйомності.

Кожна машина прагне до визначеного ідеалу – "ідеальній машині"

"Ідеальна машина", являє собою умовний еталон і має наступні особливості: вага, обсяг і площа об'єкта, з яким машина працює (тобто транспортує, відпрацьовує і т.п.)

збігається, або майже збігається з вагою, обсягом і площею самої машини.

Як приклад не "ідеальної машини" можна назвати гелікоптер. Він перевозить вантаж і пасажирів, і самого себе, затрачаючи на це приблизно 1/3 зусилля, що розвивається. При створенні ідеального гелікоптера-та треба домагатися, щоб зусилля, що розвивається, у більшій кількості йшло на перевезення вантажу.

При створенні будь-якої машини приходиться зіштовхуватися з технічними суперечностями, про які вже відзначалося. Ці суперечності виникають між найважливішими показниками, що мають місце в будь-якій машині: вага (маса), габарити, потужність, надійність і ін. Між цими показниками завжди є визначені взаємозв'язки, причому щоб поліпшити один з показників уже відомими в цій галузі техніки шляхами, приходиться платити погіршенням другого.

Через зазначені суперечності часто звичайна задача переходить у розряд винахідницьких у тих випадках, коли необхідною умовою її рішення є усунення технічної суперечності.

Неважко створити нову машину, ігноруючи технічні суперечності. Але тоді машина виявиться непрацездатною і нежиттєвою.

Якщо вирішена технічна задача буде мати новизну і корисність, буде вище рівня техніки, то тоді цю вирішену задачу визнають винаходом.

Існує два поняття "винахід" – правове (патентне) і технічне.

Правове поняття різне в різних країнах, до того ж воно часто міняється.

Правове поняття прагне можливо точніше відбити границі, у яких у даний момент економічно доцільний юридичний захист нових інженерних конструкцій.

Для технічного поняття важливі не стільки ці границі, скільки серцевина винаходу, його історично стійка сутність.

З погляду інженера створення нового винаходу зводиться до подолання (повного або частковому) технічної суперечності (ТС).

Виникнення і подолання протиріччя – одна з головних особливостей технічного процесу.

Використовуючи поняття про ідеальну машину і технічні суперечності, можна істотно упорядкувати процес рішення винахідницької задачі.

Ідеальна машина допомагає визначити напрямок пошуків, а технічна суперечність, властивій даній задачі, указує на перешкоду, що має бути переборена.

Тому для рішення технічної задачі потрібна раціональна тактика, що дозволяє крок за кроком це здійснювати.

Однієї з науково обґрунтованою і добре зарекомендованою в практиці масової технічної творчості є методика програмного рішення технічних задач, яка створена радянським винахідником і письменником Г.С. Альтшуллером. Він назвав її алгоритмом рішення винахідницьких задач (АРВЗ).

**АРВЗ** – наочний приклад застосування матеріалістичної діалектики і системного підходу до процесу технічної творчості. Методика заснована на навчанні про суперечності. Алгоритм – це комплекс послідовно виконуваних дій (кроків, етапів), які направлені на рішення винахідницької задачі (поняття "алгоритм" використовується тут не в строгому математичному, а більш широкому змісті). Процес рішення розглядається як послідовність операцій по виявленню, уточненню і подоланню технічної суперечності. Послідовність, спрямованість і активізація мислення досягаються при цьому орієнтуванням на ідеальний кінцевий результат (ІКР), тобто ідеальне рішення, спосіб, пристрій.

Технічний об'єкт, що удосконалюють, розглядається як цілісна система, що складається з підсистем, взаємозалежних елементів, і одночасно є частиною надсистеми, що складається з взаємозв'язаних систем. Перед рішенням прямої задачі, зв'язаної з технічним об'єктом, роблять пошук задач у надсистемі (обхідні задачі) і вибирають найбільш прийнятний шлях.

При постановці задачі в АРВЗ враховується той факт, що джерелом психологічної інерції служить технічна термінологія і просторові і часові представлення об'єкта. Тому рекомендують формулювати небажаний ефект або головну трудність якої-небудь ситуації, а не вимоги того, що треба зробити.

Дію психологічної інерції зменшують також використанням оператора РЧВ (Розміри – Час - Вартість), суть якого складається в проведенні серії уявних експериментів по зміні розмірів об'єкта від заданої величини до 0 і потім до часу дії (швидкості) об'єкта від заданого до 0 і потім до вартість об'єкта від заданої до 0 і до. Формулювання умов задачі дається за визначеною схемою в термінах, доступних неспеціалістові.

Стратегію рішення винахідницької задачі по АРВЗ можна представити у виді схеми відповідно до рисунка 5.1. Вона полягає в наступному. Формулюють вихідну задачу (ЗІ) у загальному виді. Оброблюють і уточнюють її, з огляду на дію вектора психологічної інерції (ВІ) і технічні рішення в даній і інших областях.

Викладають умови задачі, що складаються з перерахування елементів технічної системи і небажаного ефекту виробленого одним з елементів. Потім формулюють за визначеною схемою ІКР. Він служить орієнтиром (маяком), у напрямку якого йде процес рішення задачі (при формулюванні ІКР не потрібно задумуватися над тим, як він буде досягнутий). У порівнянні ІКР із реальним технічним

об'єктом виявляється технічна суперечність, потім його причина - фізична суперечність (на малюнку 5.1. протиріччя між ІКР і ЗО може бути проілюстровано відстанню між ними на площині пошукового поля).

### **Структура алгоритму рішення винахідницьких задач А.Г. Альтшулера.**

Кожний з блоків цієї структури зображає відповідний збільшений етап дій розробника технічного об'єкту.

Перший початковий етап роботи – це визначення винахідницької ситуації, з'ясування потрібного удосконалення або створення нового об'єкту.

На другому етапі здійснюється перехід від заданої винахідницької ситуації до аналізу і формулювання мінімальної задачі, яка орієнтована на рішення, що практично може бути реалізоване.

Потім здійснюється перехід до моделі задачі. Схема конфлікту, що складає суть задачі, при цьому гранично спрощується, а область аналізу звужується до оперативної зони, зміна в якій достатня для рішення задачі.

На четвертому етапі виконується формування ідеального кінцевого результату (ІКР), що дозволяє виявити технічні суперечності (ТС), які заважають його досягнення.

На наступному, п'ятому етапі здійснюється пошук засобу усунення технічних суперечностей за рахунок мінімізації витрат енергетичних, інформаційних та речових ресурсів. Виконується також аналіз різних елементів технічного об'єкту з використанням методу моделювання.

Для пошуку засобів усунення технічних суперечностей залучаються інформаційні ресурси, які знаходяться у розпорядженні розробника: банки фізичних, хімічних, біологічних та математичних ефектів, типові

прийоми усунення технічних суперечностей, надсистемні ресурси .

На 7-му етапі виконується аналіз способу, який вибраний для усунення технічних суперечностей, що найбільш близько наближує вирішення задачі до ідеального. Якщо при цьому задача не вирішується, то звертаються до зміни задачі, а інколи і до її повної зміни.

На 9-му етапі виконується ув'язка синтезованої технічної будови з надсистемою, аналіз їх сумісності, з'ясовуються сфери більш широкого використання одержаного рішення.

На останнім етапі виконується аналіз і самооцінка вирішення задачі, з'ясовуються траєкторії та причини його відхилення від канонічного алгоритму, що розглядався.

Таким чином випадковому характеру розумової діяльності при вирішенні задач методом проб та помилок АРВЗ протиставляє високу організованість мислення у сполученні з неординарністю мислячих операцій й свідомим використанням великого масиву інформаційних ресурсів.

Зміст АРВЗ полягає в тому, щоб шляхом порівняння ідеального і реального виявити технічне суперечності або його причину – фізичну суперечність – і усунути (розв'язати) їх, перебравши відносно невелике число варіантів.

При розробці АРВЗ, після аналізу 40 тисяч винаходів, було встановлено, що в них переборено близько 1200 протиріч із використанням в основному 40 типових прийомів. Виходить, що визначений тип протиріч усувається визначеним невеликим числом "своїх" прийомів.

Це дозволило скласти таблицю прийомів подолання технічних суперечностей. По її вертикалі розташовані параметри, які необхідно поліпшити, а по горизонталі – параметри, що недопустимо погіршуються, якщо вирішувати задачу відомими шляхами. При цьому перетинання рядка (параметри, якого поліпшуються) зі стовпцем (параметри

якого погіршуються) дає сполучення, що може бути усунуте за допомогою прийомів, зазначених у відповідному осередку таблиці.

У додатку А розглянуті основні прийоми усунення технічних суперечностей і технічних рішень, що на них базуються.

АРВЗ - система що розвивається і постійно удосконалюється. Відомі її варіанти: АРВЗ-59, АРВЗ-61, АРВЗ-64, АРВЗ-65, АРВЗ-68, АРВЗ-71, АРВЗ-77 і АРВЗ-80. Розглянемо один з них.

У додатку Б приведений один з варіантів алгоритму рішення винахідницьких задач (АРВЗ-77).

Використовуючи алгоритми рішення винахідницьких задач можна швидко знайти рішення поставленої задачі. Для використання зазначених АРВЗ необхідно детально вивчити їхній зміст і строго дотримувати частин даного алгоритму.

Колективом лабораторії математичних методів оптимального проектування Марійського політехнічного інституту (м. Йошкар-Ола) під керівництвом професора А.І. Половинкіна проведений глибокий науковий аналіз більш 30 відомих методів пошуку технічних рішень, активізації і раціональній організації творчої діяльності. Результатом дослідження стала розробка узагальненого алгоритму пошуку нових технічних рішень (узагальнений евристичний алгоритм).

Ця методика є подальшим розвитком АРВЗ, покладеного в її основу, і містить ряд оригінальних розробок авторів, а також раціональні прийоми і процедури з деяких інших методів, у тому числі: морфологічних карт, функціонального винахідництва, організуючих понять і ін. Таке сполучення, засноване на досягненнях методології технічної творчості, робить методику досить повною, ємною, докладною й універсальною, придатною для рішення всіляких задач у багатьох галузях техніки.



Узагальнений алгоритм може бути використаний для побудови більш простих, але ефективних часток алгоритмів, які використовуються для рішення конкретних задач (частки алгоритму повинні включати етапи з найбільшою частотою застосування для даного класу). Методика орієнтована на синтез нових раціональних технічних рішень за допомогою ЕОМ (для роботи в діалоговому режимі "людина - машина"), але може бути з успіхом використана людиною, переважно окремими блоками, і при безмашинному пошуку рішень.

Алгоритм складається з 17 етапів, при проходженні яких використовується великий інформаційний апарат, що складається з восьми масивів інформації. Збереження їх у пам'яті ЕОМ забезпечує швидкий пошук потрібних варіантів на кожному етапі рішення задачі.

АРИЗ - алгоритм рішення винахідницьких задач.

Алгоритм рішення винахідницьких задач (АРИЗ) - покрокова програма (послідовність дій) щодо виявлення і вирішення протиріч, тобто рішенням винахідницьких завдань (близько 85 кроків).

АРИЗ включає, власне програму,

- інформаційне забезпечення, що базується з інформаційного фонду
- методи управління психологічними факторами, які входять складовою частиною в методи розвитку творчої уяви (РТВ).

Існують і інші підходи, що допомагають винахіднику розкрити свій творчий потенціал. Велика частина цих методів є евристичними. Всі вони були засновані на психології і логіці, і жоден з них не претендує на роль наукової теорії (на відміну від ТРИЗ).

## 7. Стандарти на рішення винахідницьких задач

Стандарти на рішення винахідницьких задач являють собою комплекс прийомів, що використовують фізичні або інші ефекти для усунення протиріч. Це свого роду формули, за якими вирішуються завдання. Для опису структури цих прийомів Альтшуллером був створений речовинно-польовий (вепольний) аналіз.

Система стандартів складається з класів, підкласів та конкретних стандартів. Ця система включає 76 стандартів. За допомогою цієї системи можна не тільки вирішувати, але виявляти нові завдання і прогнозувати розвиток технічних систем.

### Приклади

А. Центральна частина кола виконана з магнітів. Наружний шар складається з ферромагнітних частинок чи абразивних частинок, спечених ферромагнітним. Такий зовнішній шар прийматиме форму виробу. У той самий короткий час він збереже твердість, необхідну шліфовки.

Частина 1. Попередня оцінка отриманого рішення

1. Провести попередню оцінку.

Контрольні питання:

1.1 Чи отримане рішення виконання головного вимоги ІКР («Елемент сам...»)?

1.2. Яке фізичне протиріччя усунуто (і усунуто чи) отриманим рішенням?

1.3. Містить чи отримана система хоча б тільки добре керований елемент? Який саме? Як здійснювати управління?

1.4. Годиться чи рішення, знайдене для «>одноциклової» моделі завдання, за умов із багатьма «циклами»?

Якщо отримане рішення не задовольняє хоча б одного з контрольних питань, повернутися до 1.

2.1 Перевірити (по патентним даним) формальну новизну отриманого рішення.

2.2 Які підзадачі можуть за технічної розробки отриманої ідеї? Записати можливі підзадачі — изобретательские, конструкторські, розрахункові, організаційні.

*Частина 3. Розвиток отриманого відповіді*

3.1 Визначити, як бути зміненою надсистема, куди входить змінена система.

3.2 Перевірити, чи може змінена система застосовуватися по-новому.

3.3 Використовувати отриманий відповідь під час вирішення інших технічних завдань.

3.3.1 Розглянути зокрема можливість використання ідеї, зворотної отриманої.

3.4 Побудувати таблицю «розташування частин — агрегатні стану виробу» чи таблицю «використані поля — агрегатні стану виробу» і розглянути можливі перебудови відповіді з їхніх позицій. *Частина 7 Аналіз перебігу рішення*

3.5 Порівняти реальний хід рішення з теоретичним (по АРИЗ). Якщо є відхилення — записати.

3.6 Порівняти отриманий відповідь з табличними даними (таблиця вепольних перетворень, таблиця фізичних ефектів, таблиця основних прийомів). Якщо є відхилення — записати.

Аналіз теорії рішення винахідницьких задач та інших методів дає підстави зробити висновки.

По-перше, під методом фантазування можна розуміти такий спосіб спільної діяльності учнів та учителя, коли досягається уявлення неіснуючого образу об'єкта (виробу), який функціонує і вирішує поставлену проблему, тобто є розв'язком певної проблеми, навіть якщо деякі елементи конструкції (або конструкція в цілому) цього об'єкта невідомі. Головною умовою методу фантазування є

відсутність будь-яких обмежень, правил, постулатів, логічного та критичного мислення.

По-друге, процес створення фантастичних ідей можна представити у вигляді такої структури:

1. Постановка проблеми: що є недосяжним, а що треба поліпшити незалежно від того, можливо де за нормальних фізичних умов, чи ні?

2. З'ясувати і чітко сформулювати причини (чинники), що заважають розв'язку проблеми.

3. Припущення фантастичних умов, за яких зникають негативні чинники.

4. Відтворення у разі можливості з якнайбільшою кількістю деталей і уточнень об'єкта або процесу, який реально функціонує, за відсутності негативних чинників: форми, будови, принципу дії тощо.

5. Заміна фантастичних умов на реальні. Наприклад: фантастична умова – сили тяжіння не існує (за такої умови проблема буде розв'язана). Далі треба замінити фантастичну умову (відсутність сили тяжіння) на реальну (це може бути пристрій, зміна форми конструкції тощо).

Зрозуміло, що така структура може мати певні відмінності, які виникатимуть залежно від змісту проблеми, яку вирішують. Чим простіша проблема, тим природніше реалізується метод фантазування. Так, для дітей 5-го класу властиво вдаватися до фантазій у малюванні. Діти цього віку люблять уявляти себе космонавтами фантастичної ракети чи всюдихода, надшвидкісного автомобіля тощо. Головна вимога учителя у цій ситуації: привчити дітей до того, що відправною точкою у фантазуванні має бути певна проблема або винахідницька задача, яку треба розв'язати. Рівень складності має бути для початку досить низьким, аби не знизити інтерес до творчого пошуку. З часом, з кожним наступним класом, проблематика завдань має

ускладнюватися, і, відповідно, фантазування трансформуватися у більш складні системи пошуку.

Отже, вищезгаданий алгоритм використання фантастичних ідей не завжди можна використовувати у 5 – 6 класах, оскільки в ньому повинні усуватися суперечності, які є в основі проблеми. Для учителя важливо навчити учнів фантазувати. Тому на початковій стадії учитель може вдаватися до такої методики.

На уроці у 5 класі дітям пропонують пофантазувати над створенням форми будь-якого виробу, який їм під силу. При цьому на початкових стадіях використання методу фантазування не треба ставити занадто абстрактні завдання на зразок "фантазуючи, створіть форму виробу, який вам найбільш подобається". Навпаки, навчання має починатися з більш конкретних дій. Для цього вчитель може керуватися такою методикою.

Спираючись на знання дітей з математики, варто нагадати учням про фігури, які вони засвоїли на уроках математики чи образотворчого мистецтва. Після обговорення таких питань, як: що таке квадрат, прямокутник, трикутник – переходять до створення форми майбутнього виробу. Учителю варто пояснити, що над створенням форми виробу працює художник–конструктор–дизайнер. Він, розробляючи форму майбутнього об'єкта технологічної діяльності, використовує різноманітні прийоми, наприклад, вдається до аналогій. Тобто, переносить форми об'єктів, які створила природа, на той об'єкт, який буде виготовлюватися. Такі форми і їх використання під час конструювання виробів дизайнери називають біоформами. Після цього вчитель пропонує дітям створити декілька варіантів форми кухонних дошок, які будуть використовуватись за різним призначенням: під час обробітку зелені (кухонна дошка може мати форму яблука), риби (форму риби), м'яса (форму свійської тварини). Далі завдання можна поступово

ускладнювати від конкретних прикладів до більш абстрактних. Учитель може запропонувати дітям об'єднати геометричні фігури під час конструювання форми (контурів) трактора, літака, якщо виготовляється пласка іграшка, поличка для книг, підвазонника, якщо проектується інший виріб, залежно від інтересів учня. Лише після цього можна ставити перед класом більш складне (у плані абстрактності) завдання – створення певного образу виробу за інтересом учнів і перенесення його на папір. З часом учні зможуть розв'язувати більш складні конструкторські задачі, використовуючи фантазування не лише в процесі створення контурів виробу, а й безпосередньо в його конструкції. Цей перехід можна реалізувати під час використання таких методів проектування.

Метод зразків (алгоритмічний аналіз) є спрощеним варіантом методу, що називається "Алгоритм розв'язання винахідницьких задач" (АРВЗ), який запропонував Г.С.Альтшуллер. Суть його полягає в послідовному виконанні дій щодо виявлення, уточнення і усунення технічних суперечностей.

В АРВЗ, за Альтшуллером, використовується чотири механізми усунення суперечностей: формулювання ідеального рішення (або прийом створення ідеального об'єкта); перехід від технічної суперечності до фізичної; усунення фізичної суперечності; застосування операторів, що відображають інформацію в найбільш ефективних способах подолання суперечності (списки і таблиці використання типових прийомів, таблиць).

Для реалізації алгоритмічного методу в умовах навчання учнів проектної діяльності можна спростити цей метод до рівня методу зразків. Суть його полягає у такому. Учитель допомагає школярам віднайти в журналах, каталогах та інших технічних виданнях зразки об'єктів (ідеальні об'єкти) і пропонує порівняти знайдені зразки з існуючими

об'єктами технологічної діяльності людини. На основі порівняння виявляють технологічні суперечності між знайденими зразками та реальними об'єктами і розробляють послідовність (алгоритм) дій щодо їх усунення.

Під час використання цього методу вчителю варто дотримуватися таких вимог: завчасно підготувати об'єкт проектування, над яким працюватимуть діти, – підготувати літературу або зразки об'єктів, які будуть зразками (реальні об'єкти); визначити суперечності, які усуватимуть учні на уроці.

Наведемо приклад. Під час фантазування форми кухонної дошки учні прийняли рішення, що виріб по контуру матиме форму риби. Після того, як учні зроблять замальовки контуру майбутнього виробу, вчитель повідомляє, що цей виріб має бути не лише оригінальним, естетичним, а й зручним у користуванні. З цією метою він пропонує знайти аналогічні зразки кухонних дощок у будь-якому каталозі кухонних виробів (або демонструє кілька таких зразків). Далі учитель ставить завдання: знайти відмінності між створеним методом фантазування виробом та запропонованими (знайденими в каталозі) зразками. Які конструктивні деталі чи елементи є в реальних об'єктах, а які відсутні у вашому виробі? Якщо на перших етапах навчання учням складно дати відповідь, учитель, демонструючи реальний об'єкт вказує, що це може бути отвір у ручці дошки. Також можна звернути увагу на форму ручки – в реальному об'єкті вона більш зручна для того, щоб її можна було тримати в руці, тощо. Після такого обговорення діти самостійно вносять зміни до конструкцій своїх виробів. Під час оволодіння цим методом важливо, аби учні самостійно знаходили суперечності і пропонували шляхи їх усунення.

### Приклад розроблення оптимізаційної моделі.

Для розроблення прикладу оптимізаційної моделі розглянемо оптимізацію сил і засобів ліквідації пожежі в приміщенні будівлі цеху виробничого підприємства. В цьому випадку за функцію мети приймаємо загальний час  $\tau_l$  тривалості ліквідації пожежі

$$\tau_{\check{e}} = \tau_{\check{e}\hat{e}} + \tau_{\check{a}} + \tau_{\check{e}\hat{e}},$$

де  $\tau_{лок}$  – час локалізації пожежі, хв;  $\tau_c$  – час гасіння пожежі, хв;  $\tau_{лік}$  – час закінчення ліквідації пожежі (остаточне гасіння), хв.

За критерій, тобто за оцінку наслідків ліквідації пожежі приймаємо два часткових критерія, тобто використовується сума прямих збитками від пожежі  $B_o$  (перший частковий критерій) та витрати пожежно-рятувальних підрозділів  $B_n$ , які брали участь в її ліквідації (другий частковий критерій). Ця сума в процесі розв'язування математичної оптимізаційної задачі повинна наближатися до мінімального значення, тобто можна записати

$$B_o + B_n \Rightarrow B_{\min}.$$

Після цього переходимо до розроблення математичної моделі оптимізації кількості сил і засобів пожежогасіння в приміщеннях цехів. Для цього випадку модель формується так:

функція мети

$$\tau_{\check{e},s} \Rightarrow \min; \quad (1)$$

за критерієм

$$B_{o,s} + B_{n,s} \Rightarrow B_{\min}; \quad (2)$$

за обмеженнями

$$a_1 \leq N_{\check{A},s}^{\check{A}} \leq b_1; \quad (3)$$

$$a_2 \leq N_{\check{A},s}^{\check{C}} \leq b_2; \quad (4)$$



$$a_3 \leq N_{A^3} \leq b_3; \quad (5)$$

$$a_4 \leq \tau_{\hat{a}, \hat{a}^3} \leq b_4; \quad (6)$$

$$\tau_{\hat{e}i, \hat{e}^3} \leq \tau_{\hat{e}i, \hat{e}i}; \quad (7)$$

$$p_3 \geq [p], \quad (8)$$

де  $a_1, a_2, a_3$  – мінімальні значення обмежень, тобто існуюча наявність кількості спорядження та пожежної техніки, яка на період виникнення пожежі на об'єкті перебуває на чергуванні в найближчому до об'єкта депо пожежно-рятувальної частини;  $a_1 = 3$ ;  $a_2 = 1$ ;  $a_3 = 1$ ;  $a_4$  – мінімально прогнозоване значення часу вільного горіння, хв; згідно рекомендацій приймаємо  $a_4 = 19$  хв;  $b_1, b_2, b_3$  – максимальні значення обмежень, які визначають на підставі розрахунку;  $b_4$  – максимальне значення часу вільного горіння;  $b_4 = 25$  хв;  $p$  – імовірність попадання досліджуваної  $i$ -ої точки в область допустимих розв'язків;  $[p]$  – допустиме значення імовірності, від значення якого залежить кількість досліджень для прийняття оптимального значення.

## 7. Вибір методу оптимізації. Основні принципи використання методу Монте-Карло.

Для розв'язання поставленої задачі використовуємо метод Монте-Карло. Область допустимих розв'язків  $D$  в задачі, що розглядається, уявляє собою перетин  $n$ -мірного паралелепіпеда  $A$ , що визначається обмеженнями (3)...(6) і деякої області  $B$ , яка визначається функцією мети (1). Схематично для двомірного випадку це зображено на рис. 1. Область  $D$  допустимих розв'язків на ньому заштрихована. Якщо позначити кількість усіх всіх випробувань -  $N$ , а кількість точок, які попали в область  $D$ , -  $k$ , то імовірність  $p$  попадання точки в область допустимих розв'язків під час окремого випробування можна охарактеризувати відношенням  $p=(k/N)$ .

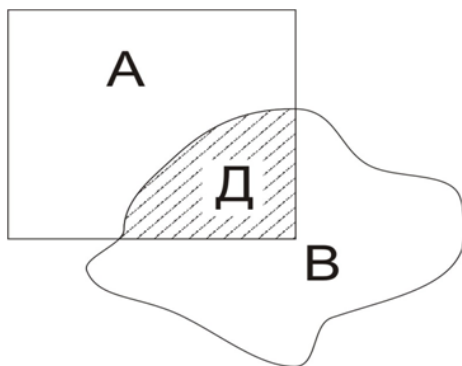


Рис. 1. Область допустимих розв'язків  $D$

Водночас можливі такі випадки:

1.  $p = 0$  – область допустимих розв'язків відсутня (на практиці цей випадок може зустрітися тільки при некоректній постановці задачі).

2.  $0 < p < 1$  – перетин обмежень (3)...(6) і функції мети.

$3.p = 1$  – область допустимих розв’язків співпадає з областю функції мети.

Поставлену задачу розв’язуємо з використанням ПЕОМ. За допомогою давача комп’ютера утворюють послідовність псевдовипадкових чисел  $\mu_{ji}$  в інтервалі  $0 \dots 1$ . Для перетворення псевдовипадкових чисел  $\mu_{ji}$ , які рівномірно розподілені в інтервалі  $0 \dots 1$ , до значень  $N_{\dot{A}}^{\dot{A}}$ ,  $N_{\dot{A}}^{\dot{C}}$ ,  $N_{\dot{A}}$  та  $\tau_{v,z,i}$  використовуємо залежності виду, наприклад, як для  $N_{\dot{A}}$ :

$$N_{\dot{A}i} = a_3 + \mu_{3i}(b_3 - a_3),$$

де:  $\mu_{3i}$  – псевдовипадкове число для визначення чинника  $N_{\dot{A}i}$  на певному  $i$ -тому циклі розрахунку.

В процесі розрахунку на кожному циклі роботи програми визначаються значення  $\tau_{l,i}$  та часткові критерії, які перевіряються зі значеннями попереднього циклу. Ці процедури виконуються до тих пір, поки буде виконана умова (8).

### **Побудова фрагментів блок-схеми алгоритму для розв’язання оптимізаційної моделі.**

Фрагменти блок-схеми алгоритму для розв’язування оптимізаційної моделі зображені на рис. 2, 3.

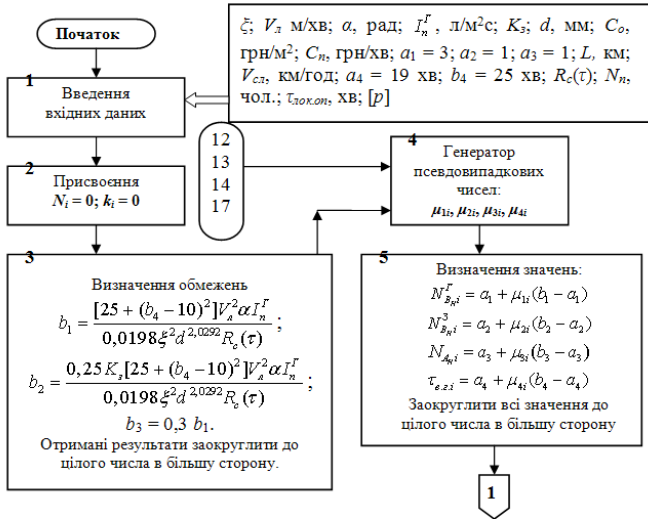


Рис. 2. Блок-схема алгоритму для введення вхідних даних, генерації псевдовипадкових чисел, визначення значень чинників обмежень

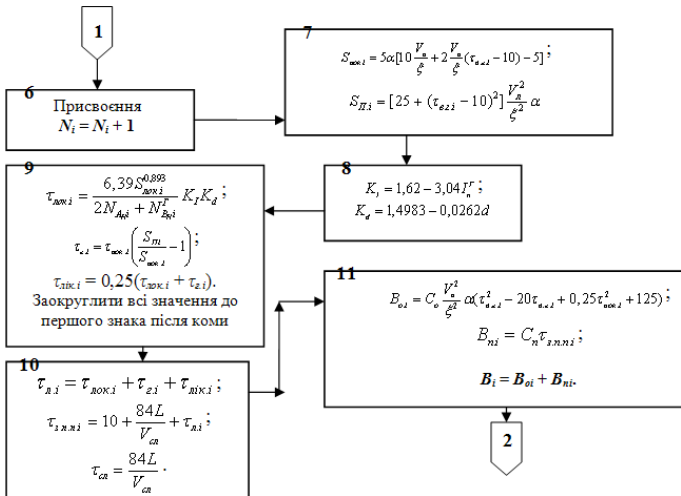


Рис. 3. Блок-схема алгоритму для визначення тривалості локалізації, гасіння та ліквідації пожежі і загальних втрат від пожежі

### **Контрольні запитання**

1. Що розглядається в прикладі розроблення оптимізаційної моделі?
2. Основні принципи використання методу Монте-Карло і в чому він полягає?
3. Як виконується перехід від псевдовипадкових чисел до натуральних значень?
4. Як будується блок-схема алгоритму для розв'язання оптимізаційної моделі?

**РОЗДІЛ 8  
РОБОТА НАД НАПИСАННЯМ НАУКОВИХ СТАТЕЙ,  
МОНОГРАФІЙ, НАУКОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА  
ПАТЕНТІВ**

*Недостатньо тільки  
отримати знання; їх треба  
застосувати. Недостатньо тільки  
бажати; треба діяти.*

*Йоганн Вольфганг фон Гете*

**8.1. Організація наукової діяльності в Україні**

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

Державна система організації і управління науковими дослідженнями в Україні дає можливість концентрувати та орієнтувати науку на виконання найбільш важливих завдань. Управління науковою діяльністю будується за територіально-галузевим принципом. Сьогодні науково-дослідну роботу ведуть:

- науково-дослідні та проектні установи й центри Академії наук України (НАН);
- науково-виробничі, науково-дослідні, проектні установи, системи галузевих академії;
- науково-дослідні, проектні установи і центри міністерств і відомств;
- науково-дослідні установи і кафедри вищих навчальних закладів;

- науково-виробничі, проектні установи і центри при промислових підприємствах, об'єднаннях;
- ієрархічну вершину цієї сукупності установ, центрів, підприємств завершує Державний комітет України з питань науки і технологій, який забезпечує єдину державну політику в галузі науки та її використання в практиці.

Вищим державним науковим центром є Національна академія наук України (НАН). Вона очолює і координує разом з Державним комітетом у справах науки та технологій України фундаментальні і прикладні дослідження в різних галузях науки. НАН є державною науковою установою, яка об'єднує всі напрями науки та підтримує міжнародні зв'язки з науковими центрами інших країн. При Національній академії наук України створена міжвідомча рада з координації фундаментальних дослід-Очолює НАН України Президент, який обирається загальними зборами вчених. Вони ж обирають трьох віце-президентів, вченого секретаря, Президію і ревізійну комісію. НАН України має в своєму складі відділення з відповідних галузей науки, зокрема, математики, інформатики, механіки, фізики і астрономії; наук про землю; хімії, загальної біології, економіки, історії, філософії, літератури, мови та мистецтва тощо.

До складу НАН входять наукові інститути з відповідних галузей, є територіальні відділення (Донецьке, Західне, Південне та ін.) і територіальні філіали.

Відділення НАН об'єднують науково-дослідні інститути (НДІ), які очолюють розвиток науки у певній галузі знань. У них зосереджені провідні наукові сили.

Крім НАН в Україні функціонують галузеві академії, наприклад: Академія педагогічних наук України, Українська академія аграрних наук, у складі якої є НДІ з економіки; Академія медичних наук України, Академія правових наук України, Академія мистецтв України.

Науково-дослідну діяльність прикладного характеру на нижчих рівнях здійснюють в НДІ відділи, лабораторії, сектори, а також вищі навчальні заклади (університети, академії, інститути). Останні мають спеціальні підрозділи, які виконують науково-дослідні роботи за рахунок державних бюджетних і госпрозрахункових коштів. Проводять дослідження науково-педагогічні працівники із залученням студентів, а також молодих учених, здобувачів кандидатських і докторських дисертацій за науковою тематикою вищих навчальних закладів.

Науково-дослідну роботу в КУТЕП організує науковий відділ, який підпорядкований проректору з наукової роботи. Структурними підрозділами наукового відділу є аспірантура, наукове аспірантсько-студентське товариство «Синергія», редакційна рада щорічника «Наукові записки КУТЕП», видавництво «КУТЕП», а також кафедри університету. За ініціативи наукового відділу КУТЕП започатковано «Дослідницький комітет з проблем соціології туризму» соціологічної Асоціації України.

Наукова діяльність КУТЕП спрямована на розробку загально університетської науково-дослідної теми: «Туризм як суспільний феномен: проблеми теорії (туризмології) і практики», що досліджується в розрізі філософії, соціології, економіки, психології та педагогіки.

За останні два роки (2001-2002) викладачами КУТЕП підготовлено та видано близько 250 наукових та науково-методичних праць, в тому числі: монографії, розділи енциклопедичних видань, підручники та навчальні посібники. Щорічно проводяться міжнародні та всеукраїнські науково-практичні конференції, семінари, «круглі столи» з проблем розвитку туризму, в тому числі Міжнародні семінари Всесвітньої туристської організації (ВТО).

Наукові розробки вчених, пошуки аспірантів, здобувачів публікуються у щорічнику «Наукові записки КУ-



ТЕП», який є фаховим виданням із філософських наук (філософія, соціологія, політологія).

Магістри, аспіранти, здобувачі, молоді науковці є членами аспірантсько-студентського товариства «Синергія», беруть участь у постійно діючих аспірантських та професорських читаннях, а також у студентських науково-практичних конференціях.

Бібліотека університету має широкий спектр науково-методичної літератури, як вітчизняної так і зарубіжної - з проблем туризму.

Університет плідно співпрацює з міністерствами (Міністерство закордонних справ, Міністерство юстиції України та ін.), академічними інститутами НАН України: філософії, історії України, соціології, політичних і етнонаціональних досліджень, археології; а також Академією педагогічних наук України, Національною бібліотекою ім. Вернадського, із зарубіжними партнерами - Росією, Німеччиною, Білорусією, Бельгією, Польщею, Канадою, Китаєм.

Наукові розробки вчених університету втілюються в практиці, зокрема у діяльності провідних готелів і туристських фірм України: ВАТ «Готельний комплекс «Русь», ВАТ «Готельний комплекс «Братислава», Готель «Прем'єр Палац», ВАТ «Готельний комплекс «Либідь», ЗАТ «Супутник-Україна» та ін.

Науково-педагогічні працівники у вищих навчальних закладах можуть займати посади: асистент, викладач, старший викладач, доцент, професор, зав. кафедрою. Співробітникам НДІ присвоюються звання молодшого наукового співробітника, наукового співробітника, старшого наукового співробітника, провідного наукового співробітника, головного наукового співробітника, зав. науковим відділом, зав. лабораторією. Найвидатніші вчені обираються зборами НАН України, галузевими і

громадськими академіями - членами-кореспондентами і дійсними членами-академіками.

Для підготовки наукових кадрів в Україні діє аспірантура, докторантура, а також самостійна робота спеціалістів по написанню дисертації без відриву від виробництва (здобувачі).

Отже, суб'єктами наукової діяльності є: науковці, вчені та науково-педагогічні працівники, а також наукові установи, наукові організації, вищі навчальні заклади III-IV рівнів акредитації, громадські організації у сфері наукової та науково-технічної діяльності.

Тих, хто постійно займається науковою діяльністю, називають дослідниками, науковцями, науковими працівниками, вченими.

Науковий працівник - це вчений, який за основним місцем роботи та відповідно до трудового договору професійно займається науковою, науково-технічною, науково-організаційною або науково-педагогічною діяльністю та має відповідну кваліфікацію, незалежно від наявності наукового ступеня або вченого звання, підтверджену результатами атестації.

Суттєвою особливістю розвитку науки є наступність досвіду і знань, єдність традицій і новаторства. Однією з форм її втілення є наукові школи, функціонування яких передбачає боротьбу думок, творчі дискусії та конструктивну критику. Науковою школою слід вважати творчу співдружність вчених, які працюють в одній країні або в одному місті в певній галузі науки, об'єднаних спільністю підходів до вирішення проблеми, стилю роботи, спільністю наукового мислення, ідей і методів їх реалізації.

Головними ознаками наукової школи є:

- наявність наукового лідера - видатного вченого, який володіє умінням підбирати творчу молодь і навчати її мистецтва дослідження, створювати в колективі творчу,

ділову, доброзичливу обстановку, заохочувати самостійність мислення й ініціативу;

- високу наукову кваліфікацію дослідників, згуртованих навколо лідера;

- значущість одержаних результатів, високий науковий авторитет у певній галузі науки та громадському визнанні;

- оригінальність методики досліджень, спільність наукових поглядів.

Широкого визнання набули наукові школи в галузі педагогічної науки, пов'язані з іменами видатних українських вчених - педагогів В.Сухомлинського, І.Зязюна, Н.Ничкало, О.Савченко, М.Шкіля, М.Ярмаченко та багатьох інших.

Тематика дослідження зазвичай формується за профілем вищого навчального закладу, його факультетів та кафедр на договірних засадах з підприємствами, організаціями або у формі державного замовлення. Результати наукових досліджень запроваджуються в практичну діяльність установ, організацій галузі, за їх матеріалами проводяться науково-практичні конференції, наукові семінари, захищаються кандидатські, докторські дисертації.

У практичній діяльності важливе значення мають також наукові просвітницькі товариства, покликані сприяти поширенню наукових знань, досягнень у галузях науки, техніки, виробництва та культури серед населення.

## **8.2. Ефективність наукових досліджень**

Впровадження розрізняють за двома ознаками:

- формою матеріального втілення (навчальні посібники, програми, методичні рекомендації, державні стандарти тощо);
- робочою функцією упорядкованих результатів (організація і управління навчальним, виробничим процесом, оптимізація, зміни в технології та процесі виробництва).

Оцінювання результатів дослідження. Якщо основною характеристикою фундаментальних досліджень є їх теоретична актуальність, новизна, концептуальність, доказовість, перспективність і можливість запровадження результатів у практику, то при розгляді прикладних досліджень слід оцінювати в першу чергу їх практичну актуальність і значимість, можливість запровадження в практику, ефективність результатів. Для наукових розробок тут цінною є новизна, актуальність і ефективність.

Економічна ефективність характеризується вираженими у вартісних вимірах показниками економії живої та уречевлюваної праці в суспільному виробництві, сфері послуг, які отримано від використання результатів НДД та порівняння їх з витратами на проведення дослідження.

Науково-технічна ефективність характеризує приріст нових наукових знань, призначених для подальшого розвитку науки і техніки.

Соціальна ефективність виявляється в підвищенні життєвого рівня людей, розвитку охорони здоров'я, культури, науки і освіти, поліпшенні екологічних умов тощо.

Названі види ефективності науково-дослідних робіт взаємопов'язані і впливають один на одного.

Специфіка вищої школи, багатогранність і багатоаспектність форм роботи ставлять особливі вимоги до

оцінки ефективності як її діяльності в цілому, так і наукових досліджень.

Питання ускладнюється тим, що необхідно визначити не лише ефективність НДД, яка проводиться навчальними закладами, а й ефективність її впливу на навчальний процес, підвищення якості підготовки спеціалістів, зростання викладацької майстерності науково-педагогічного складу тощо.

При оцінці ефективності науково-дослідних робіт, слід брати до уваги весь комплекс робіт, пов'язаних з науковою діяльністю вищої школи: проведення самих досліджень, підготовку докторів і кандидатів наук, винахідницьку і патентно-ліцензійну роботу, видавничу діяльність, науково-дослідну роботу студентів.

Слід зупинитися на так званому понятті наукового потенціалу вузу, оскільки він відіграє суттєву роль в організації наукових досліджень і в досягненні кінцевих результатів. Рівень наукового потенціалу вищого навчального закладу багато в чому залежить не лише від наявної структури науково-педагогічних кадрів, науково-інформаційної і матеріально-технічної забезпеченості вузу, а й від оптимальної організації наукової системи, від цілеспрямованої взаємодії всіх перелічених ознак.

Проблема оцінки ефективності наукової діяльності має два аспекти, оскільки вищий навчальний заклад можна розглядати як навчально-науковий центр. Звідси і два види ефективності наукової роботи: економічна - від упровадження, наприклад, у галузь туризму результатів завершених досліджень і когнітивна ефективність (нібито супутня, а насправді має першочергове значення для підвищення якості підготовки спеціалістів), яка отримується від написання нових підручників і наукових статей, читання нових курсів лекцій, що ґрунтуються на наукових досягненнях в науковій роботі, проведення конференцій,

семінарів, курсів, широкого залучення студентів до наукових досліджень.

Усе це і розкриває нам науковий потенціал вищого навчального закладу, який створюється в результаті його багатогранної діяльності. Зрозуміло, що кількісно оцінити вплив науки на вдосконалення навчального процесу і якість підготовки спеціалістів практично неможливо, але не враховувати цього позитивного явища також не можна.

Досвід і практика засвідчують, що розширення масштабів наукової роботи у вищих навчальних закладах (ВНЗ) сприяє тому, що молоді спеціалісти, які приходять на підприємства і мають нові знання в галузі управління і технологій, швидше розв'язують економічні та соціальні проблеми практичної діяльності. Той студент, який у процесі навчання пройде хорошу школу науково-дослідної роботи, з великою користю для підприємств зможе розвивати наукові дослідження і впроваджувати їх у практичну професійну діяльність.

Специфіка проведення наукових досліджень у ВНЗ проявляється не лише у тому, що для цього потрібні спеціально підготовлені кадри, спеціальне для тієї чи іншої галузі науки обладнання, особлива стаття витрат, а й у тому, яким чином будуть використані кінцеві результати цих досліджень і який вони дадуть ефект. Тому ефективність наукової діяльності вищого навчального закладу необхідно розглядати саме з цих позицій, виходячи з головного завдання вищої школи - вдосконалення підготовки висококваліфікованих спеціалістів для народного господарства. У цьому і полягає основна особливість оцінки ефективності наукової діяльності вищого навчального закладу, що за своїм змістом і головним призначенням багато в чому відрізняється від такого роду поняття щодо НДД, яка ведеться в науково-дослідних інститутах та інших наукових закладах.

Визначення економічної ефективності НДД в умовах виробництва є одним з найважливіших і найскладніших завдань. Вона передбачає вивчення ефективності впровадження нових технологічних процесів, удосконалення системи управління тощо. При цьому співставляються витрати на проведення наукового дослідження та на його впровадження з отриманим економічним ефектом. Економічні витрати за довгостроковими комплексними науковими дослідницькими програмами визначаються на основі розрахунку інтегрального показника за строк здійснення програми і наступного ефективного використання її результатів.

Отже, економічна ефективність наукових досліджень в залежності від галузі та проблеми, яка розглядається, насамперед визначається на стадії техніко-економічного обґрунтування теми досліджень, уточнюється за кінцевими результатом виконаної роботи і співставляється з отриманим результатом практичного впровадження. Отже, практично в будь-якій науково-дослідній роботі поряд з вибором і обґрунтуванням теми дослідження, виконанням дослідження важливими є етапи впровадження його в практику роботи тієї чи іншої системи та оцінка ефективності (рис. 2).



Рис. 2. Результати практичної реалізації наукових досліджень



### **8.3. Загальні відомості про результати технічної творчості. Винаходи та корисні моделі**

Науково-дослідні роботи, виконані в області прикладних, особливо, технічних наук, нерідко мають результати, які містять в собі нову конструкцію, матеріал, технологічний процес тощо. В зв'язку з цим всі результати наукових досліджень необхідно проаналізувати на предмет можливого винаходу, і, якщо таке виявиться, необхідно оформити заявку на цей винахід. **Винахід (корисна модель)** – результат інтелектуальної діяльності людини в будь-якій сфері технології.

Винаходи посідають одне з найважливіших місць серед **об'єктів промислової власності (ОПВ)**. Згідно з Паризькою конвенцією з охорони промислової власності, до таких об'єктів належать: патенти на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, товарні знаки, знаки обслуговування, фірмові найменування та найменування місця походження товарів.

Розглянемо в чому полягає **відмінність між винаходом та корисною моделлю**. **Винахід** – ТР, що є новим, корисним у господарській діяльності і може бути практично застосоване. Визнаний офіційними експертами винахід може отримати правову охорону від держави і стати об'єктом промислової власності, що засвідчується особливим правоохоронним документом, який має назву патент. **Корисна модель** – нове ТР, що не впливає із існуючого рівня техніки і є промислово придатним; результат інтелектуальної діяльності людини в будь-якій сфері технології.

Відповідно до чинного законодавства в Україні прийняті такі **визначення**:

- **винахід** – це технологічне (технічне) вирішення, що відповідає умовам патентоздатності;

- **корисна модель** – нове й промислово придатне конструктивне виконання пристрою;

- **патент на винахід (корисну модель)** – охоронний документ, що засвідчує пріоритет, авторство і право власності на винахід (корисну модель).



***Вітчизняні взірці патентів (тительна сторінка):***

*а – на винахід; б – на корисну модель*

Термін дії патенту на **винахід становить 20 років** від дати подання заявки, на **корисну модель – 10 років**. Строк дії патенту на винахід, об'єктом якого є лікарський засіб, засіб захисту тварин, засіб захисту рослин тощо, використання якого потребує дозволу відповідного компетентного органу, може бути продовжено за клопотанням власника цього патенту на строк, що дорівнює періоду між датою подання заявки та датою одержання такого дозволу, але не більше ніж на 5 років.

Право на одержання патенту має винахідник та інші особи, які набули право на винахід (корисну модель) за договором чи законом.

**Патент надає його власнику:**

- виключне право на використання винаходу (корисної моделі) за власним розсудом;
- право дозволяти використання винаходу (корисної моделі) на підставі ліцензійної угоди;
- виключне право перешкоджати неправомірному використанню винаходу (корисної моделі), у тому числі забороняти таке використання.

Винахід відповідає умовам патентоздатності, якщо він є новим, має винахідницький рівень і є промислово придатним. Корисна модель відповідає умовам патентоздатності, якщо вона є новою і промислово придатною.

Об'єктом винаходу (корисної моделі), правова охорона якому (якій) надається згідно з чинним законодавством, може бути:

- продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослини і тварини тощо);
- процес (спосіб), а також нове застосування відомого продукту чи процесу.

Відповідно до чинного законодавства в Україні правова охорона **не поширюється** на такі об'єкти технології:

- сорти рослин і породи тварин;
- біологічні у своїй основі процеси відтворення рослин та тварин, що не належать до небіологічних та мікробіологічних процесів;
- топографії інтегральних мікросхем;
- результати художнього конструювання.

**Не визнаються винаходами (корисними моделями):**

- відкриття, наукові теорії та математичні методи;

- методи інтелектуальної, господарської, організаційної та комерційної діяльності (планування, фінансування, постачання, обліку, кредитування, прогнозування, нормування тощо);

- правила виконання фізичних вправ, проведення ігор, конкурсів, аукціонів;

- проекти та схеми планування споруд, будинків, територій;

- умовні позначення (дорожні знаки, маршрути, коди, шрифти тощо), розклади, інструкції;

- комп'ютерні програми;

- форма представлення інформації (наприклад, у вигляді таблиці, діаграми, графіка, за допомогою акустичних сигналів, вимовляння слів, візуальних демонстрацій, книг, аудіо- та відеодисків).

Вимоги до складу й оформлення матеріалів заявки, подання заявки визначаються **Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі»** та **Правилами складання і подання заявки на винахід та заявки на корисну модель.**

Заявка являє собою сукупність документів, необхідних для видачі патенту. Вона складається українською мовою та **повинна містити:**

- заяву про видачу патенту на винахід (корисну модель);

- опис винаходу (корисної моделі);

- формулу винаходу (корисної моделі);

- креслення (якщо на них є посилання в описі);

- реферат.

За подання заявки сплачується збір, документ про сплату якого також повинен надійти до Укрпатенту. Як правило, це відбувається разом із поданням заявки або протягом двох місяців після дати подання заявки.

#### **8.4. Поняття та структура Міжнародної патентної класифікації (МПК). Патентний пошук**

Історично в кожній промислово розвиненій країні створювалися свої системи класифікації винаходів. Нині найбільшого поширення набула Міжнародна патентна класифікація (МПК). Органом із впровадження МПК є міжнародне бюро Всесвітньої організації інтелектуальної власності (ВОІВ).

*Міжнародна патентна класифікація* (англ. *International Patent Classification*) – ієрархічна система патентної класифікації, що була створена відповідно до Страсбурзької угоди про Міжнародну патентну класифікацію 1971 року і з того часу регулярно оновлюється Комітетом Експертів, який складається із представників країн-учасниць цієї угоди, а також спостерігачів від інших організацій. Зазначена угода, що набула чинності 7 жовтня 1975, передбачає створення єдиної системи класифікації, яка охоплює патенти на винаходи, включаючи опублікування патентної заявки, та корисні моделі.

Відповідно до української версії МПК (2014.01), яка розміщена на офіційному сайті **Укрпатенту** (<http://www.uipv.org>), визначено вісім розділів, що позначені латинськими літерами:

- A** – життєві потреби людини;
- B** – виконання операцій; транспортування;
- C** – хімія; металургія;
- D** – текстиль; папір;
- E** – будівництво;
- F** – машинобудування; освітлювання; опалювання; зброя; підривні роботи;
- G** – фізика;
- H** – електрика.

**Приклад визначення МПК**

**A62** – рятувальна служба; протипожежні засоби;

**B62** – безрейкові наземні транспортні засоби.

**A62C** – гасіння пожеж;

**B62D** – самохідні транспортні засоби; причепи.

**A62C 31/00** – подавання вогнегасного матеріалу;

**B62D 55/00** – гусеничні транспортні засоби.

**A62C 31/02** – • сопла, спеціально адаптовані для гасіння пожежі;

**A62C 31/03** – •• регулюванням, наприклад, від розбризкування до струменя або навпаки;

**B62D 55/06** – • з гусеницями і без коліс;

**B62D 55/065** – •• транспортні засоби з багатьма гусеницями, тобто більше за дві гусениці.

Мета патентного пошуку полягає у тому, що об'єкт патентування повинен відповідати критеріям новизни (локального або світового масштабу). Результати патентного пошуку зможуть визначити новизну вашого рішення, також допоможуть дізнатися про вже запатентовані винаходи й розробки.

Можна виокремити такі головні **задачі патентного пошуку**:

- перевірка унікальності винаходу;
- з'ясування, чи не посягає винахід на чужу інтелектуальну власність;
- огляд останніх новинок у царині, що досліджується;
- визначення сфер використання винаходу;
- пошук патентів на винахід, корисну модель;
- пошук додаткових інформаційних матеріалів;
- збір інформації про конкурентів.

Для проведення патентного пошуку в країнах світу створюються різноманітні бази даних. **Базу даних патентів України формує Укрпатент.**

Більшість баз даних дають змогу здійснювати пошук за такими критеріями:

- систематичний пошук (за індексами МПК);
- лексичний пошук (за ключовими словами);
- авторський пошук (за іменем автора);
- фірмовий пошук (за іменем заявника);
- пошук за даними публікацій (за номером і датою публікації);
- пошук за заявочними даними (за номером і датою заявки).

На сайті Укрпатенту розміщена спеціалізована база даних «**Винаходи (корисні моделі) в Україні**» (<http://base.ukrpatent.org/searchINV/>), що дає змогу здійснювати пошук серед охоронних документів, які зареєстровані в Україні. Варто відзначити, що станом на 1 січня 2014 року зазначена база даних містила інформацію про 195 467 винаходів та корисних моделей. Далі розглянемо цю базу даних більш змістовніше.

Також можна вдатися до пошуку в інших **базах даних та інформаційно-пошукових системах**:

- Google Patent Search (<http://www.google.com/patents>) – база даних Google, складається з патентів, що містяться в базі USPTO.

- Canadian Patents Database (<http://patents.ic.gc.ca/opic-sipo/cpd/eng/search/advanced.html>) – пошукова система патентної служби Канади.

- Євразійська патентна інформаційна система ЕАПАТИС (<http://www.eapatis.com/>) – пошукова система Євразійського патентного відомства.

- SIPO (<http://english.sipo.gov.cn/>) – державне відомство інтелектуальної власності Китайської Народної Республіки.

- Patent Abstracts of Japan (PAJ) ([http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg\\_e.ipdl](http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg_e.ipdl)) – бази даних патентного відомства Японії.

- Patent Lens (<http://www.lens.org/lens/>) – он-лайн сервіс патентного пошуку, створений незалежною некомерційною організацією Cambia.

- WikiPatents (<http://www.wikipatents.com/>) – безкоштовна пошукова система патентів, налічує понад 15 млн. патентів.

- Surf IP ([http://www.surfip.gov.sg/\\_patent-f.htm](http://www.surfip.gov.sg/_patent-f.htm)) – проект відомства інтелектуальної власності Сінгапура.

- Free Patents Online (<http://www.freepatentsonline.com/search.html>) – пошукова система, яка забезпечує швидкий доступ до мільйонів патентів і патентних заявок.



**ПОШУК**

Записів на сторінці

Актуалізовано 2014-02-11 11:27:57  Шукати в знайденому

<u>Ключові слова в назві (ук)</u>	<input type="text"/>	велосипед ТА причіп	ТА
<u>(10) Номер охоронного документа СРСР</u>	<input type="text"/>	1314963	АБО
<u>(11) Номер патенту</u>	<input type="text"/>	56	НЕ
<u>(21) Номер заявки</u>	<input type="text"/>	u200804180	( )
<u>(22) Дата подання заявки</u>	<input type="text"/>	15.01.2004	* ?
<u>(24) Дата, з якої є чинними права</u>	<input type="text"/>	17.06.2002	< >
<u>(31) Номер попередньої заявки</u>	<input type="text"/>	60/171,906	=
<u>(32) Дата подання попередньої заявки</u>	<input type="text"/>	22.05.2008	
<u>(33) Двобуквенний код держави</u>	<input type="text"/>	UA	
<u>(46) Дата публікації патенту</u>	<input type="text"/>	15.08.2005	
<u>(46) Номер бюлетеня</u>	<input type="text"/>	11/2006	
<u>(51) Індекс МПК</u>	<input type="text"/>	A01B 13/08	
<u>(56) Аналоги винаходу</u>	<input type="text"/>	SU 716711	
<u>(86) Номер заявки РСТ</u>	<input type="text"/>	PCT/CN03/00069	
<u>(86) Дата подання заявки РСТ</u>	<input type="text"/>	01.12.2004	
<u>(71) Заявник</u>	<input type="text"/>	Семенов Семен Семенович	
<u>(72) Винахідник</u>	<input type="text"/>	Швець Іван Петрович	
<u>(73) Власник</u>	<input type="text"/>	Хорлков Сергій Октябрович	
<u>(74) Представник</u>	<input type="text"/>	Петров Андрій Володимирович	

*Фрагмент робочого вікна спеціалізованої бази даних «Винаходи (корисні моделі) в Україні»*

Після введення у поле «(72) Винахідник» прізвища винахідника «Паснак» та натиснувши кнопку «Пошук» отримаємо результати, фрагмент яких показано на рис.

10

**СТВОЛ КОМБІНОВАНОЇ ПОДАЧІ КОМПАКТНОГО СТРУМЕНЯ ВОДИ ТА ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ НИЗЬКОЇ КРАТНОСТІ**

Патент України (на 20 р.) | в кошик  | патент діє

(11) Номер патенту:	99225	(51) МПК:	A62C 31/07 (2006.01)
(21) Номер заявки:	a201107377	(72) Винахідник:	Паснак Іван Васильович (UA); Васильєва Олена Едуардівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	14.06.2011		
(24) Дата, з якої є чинними права:	25.07.2012	(73) Власник:	ПАСНАК ІВАН ВАСИЛЬОВИЧ (UA); ВАСИЛЬЄВА ОЛЕНА ЕДУАРДІВНА (UA)

Патент опубліковано 25.07.2012, бюл. № 14/2012 [детальніше...](#)

*Фрагмент робочого вікна результатів пошуку в спеціалізованій базі даних «Винаходи (корисні моделі) в Україні» за прізвищем винахідника*

10 / 10 | в кошик  | друк | результати пошуку | назад | далі

Бібліографічні дані до патенту на винахід # 99225

**СТВОЛ КОМБІНОВАНОЇ ПОДАЧІ КОМПАКТНОГО СТРУМЕНЯ ВОДИ ТА ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ НИЗЬКОЇ КРАТНОСТІ**

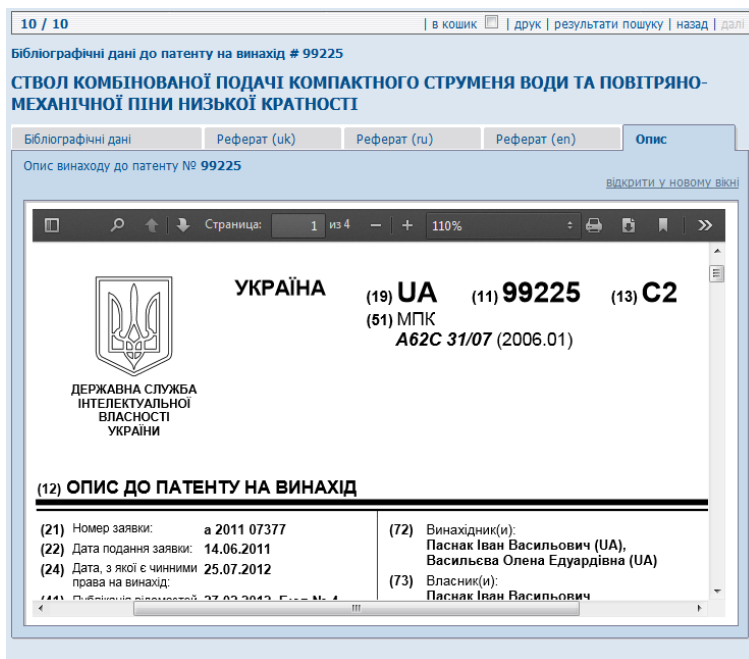
Бібліографічні дані | Реферат (uk) | Реферат (ru) | Реферат (en) | Опис

Патент України (на 20 р.) | патент діє

(11) 99225	(51) МПК
(24) 25.07.2012	A62C 31/07 (2006.01)
(21) a201107377	(22) 14.06.2011
(41) 27.02.2012, бюл. № 4	
(46) 25.07.2012, бюл. № 14	
(56) ТУ У 29.2 31916216-018:2005 Ствол водо-пенний распылитель СВРР, 2007. ДСТУ 2107-92 Ствол воздушно-пенный СПП ( СВП), 2007. RU 2401678 С1, 06.08.2009. UA 46874 С2, 17.06.2002. SU 1313450 А1, 30.05.1987. GB 597416 А, 26.01.1948. EP 0337184 А1, 18.101989.	
(71) ПАСНАК ІВАН ВАСИЛЬОВИЧ (UA); ВАСИЛЬЄВА ОЛЕНА ЕДУАРДІВНА (UA)	

.....  
ПАСНАК ІВАН ВАСИЛЬОВИЧ (UA); ВАСИЛЬЄВА ОЛЕНА ЕДУАРДІВНА (UA)  
.....  
PASHNAK IVAN VASYLYOVYCH (UA); VASYLIEVA OLENA EDUARDIVNA (UA)

*Фрагмент робочого вікна з бібліографічними даними патенту та можливістю переходу до реферату та опису винаходу (за результатами пошуку в спеціалізованій базі даних «Винаходи (корисні моделі) в Україні» за прізвищем винахідника)*



**Фрагмент робочого вікна з описом (у форматі pdf) до патенту на винахід (за результатами пошуку в спеціалізованій базі даних «Винаходи (корисні моделі) в Україні» за прізвищем винахідника)**

Певним аналогом розглянутої бази є Цифрова патентна бібліотека (<http://library.ukrpatent.org/>). Ця бібліотека має дещо спрощений інтерфейс порівняно із спеціалізованою базою даних «Винаходи (корисні моделі) в Україні» та пропонує такі сервіси:

1. Пошук документів:
  - за ключовим словом;
  - за іменем заявника, власника або винахідника;
  - за класами МПК;

- шляхом навігації по інформаційних фондах за категоріями чи датами публікацій.

2. Перегляд документів:

- бібліографії;

- правового статусу патентів України.

Варто відзначити, що на сайті ДП «Український інститут промислової власності» представлено низку інших спеціалізованих баз даних та інформаційно-довідкових систем (<http://www.uipv.org/ua/bases2.html>), які, безумовно, будуть корисні для користувачів патентної інформації.

## РОЗДІЛ 9 ДИСЕРТАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

*Хто хоче вірно розмірковувати,  
повинен уміти звільнитися від звички  
приймати все на віру, повинен вважати  
рівноможливими про-тилежні думки і  
відмовитися від упередженості.*

Дж. Бруно

Від отримання диплома доктора філософії або доктора наук природних даних у людини не додається, але значно зростають знання, впевненість у собі, розширюється кругозір, з'являється вміння бачити суть проблеми та способи її вирішення, системність і логічність мислення.

Ці якості знадобляться їй і у науковій діяльності, і у спілкуванні, і у побуті та взагалі в житті.

### 9.1. Основні риси дисертаційного дослідження

Дисертаційне дослідження є одним із найрозповсюдженіших типів наукового дослідження. Воно передбачає із закінченням певного відрізка дослідження підготовку наукової праці (дисертації) у вигляді рукопису для прилюдного захисту.

**Дисертація** (у перекладі з латинської мови – „роздуми”, „дослідження”) являє собою особисто написану наукову кваліфікаційну роботу, що містить сукупність нових наукових результатів і положень, має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора в науку.

Розрізняють **два види дисертацій**.

**Дисертація на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії.** Це самостійна кваліфікаційна робота, що містить нові наукові та практичні висновки і

рекомендації, виявляє здатність дисертанта до самостійних наукових досліджень, його глибокі теоретичні знання в даній дисципліні та спеціальні знання з проблем дисертації.

**Докторська дисертація** – самостійна кваліфікаційна робота, в якій з позицій системного підходу дається рішення важливої наукової проблеми, розроблені теоретичні положення, що кваліфікуються, як значний успіх у розвитку перспективного напрямку галузі науки, або запропоновані нові розробки, впровадження яких є значним внеском у прискорення науково-технічного прогресу.

Дисертація на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії повинна бути кваліфікаційною роботою, що відповідає одному з наступних двох пунктів, які визначають характер результатів дисертації:

1. У дисертаційній роботі повинно бути дано нове рішення задачі, що має суттєве значення для відповідної галузі знань.

2. У дисертації повинні бути науково обґрунтовані філософські, історичні, економічні, медичні, технічні, технологічні та інші розробки, що забезпечують вирішення важливих прикладних задач.

Характерною особливістю дисертації на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії є конкретизація, поглиблене дослідження наукових питань і рішення наукових задач, що стоять перед деякою локальною областю знань та підлеглі єдиній цілі.

Характеризуючи дисертацію, є сенс розглянути ознаки, що дозволяють виділити дисертаційну роботу в окремий вид наукового твору.

Дисертація, як науковий твір, досить специфічна. Насамперед, її відрізняє від інших наукових творів те, що вона в системі науки виконує кваліфікаційну функцію, тобто, готується з метою прилюдного захисту і отримання

наукового ступеня. У зв'язку з цим основна задача її автора – продемонструвати рівень своєї наукової кваліфікації та, насамперед, уміння самостійно здійснювати науковий пошук і вирішувати конкретні наукові задачі.

Дисертація закріплює отриману інформацію у вигляді текстового та ілюстративного матеріалів, у яких дисертант упорядковує за своїм розумінням накопичені наукові факти і доводить наукову цінність або практичну значимість тих або інших положень, спираючись не на авторитет, традиції або віру, а шляхом свідомого переконування в їхній істинності на основі загальних норм і критеріїв, визнаних науковим співтовариством.

При поданні до захисту дисертацій обов'язково повинен бути надрукований (на правах рукопису) автореферат.

Здобувач ступеня доктора філософії (доктора наук) представляє до спеціалізованої ради перелік документів згідно суворо визначеного переліку. Дисертація, з одного боку, відображає дослідницький потенціал пошукувача, його здатність самостійно виконувати наукове дослідження за обраною темою, а з другого боку, – це суттєвий внесок у розвиток науки і практики, який відрізняється новизною, корисністю, достовірністю, системністю та актуальністю.

У науці та освіті існує певна система класифікації науково-педагогічних кадрів. Особам, які мають глибокі професійні знання та значні досягнення у певній галузі науки, присуджуються науково-освітні та науковий ступені та присвоюються вчені звання.

Дамо визначення освітньо-науковому та науковому ступеням і вченим званням:

Освітньо-науковий ступінь – рівень кваліфікації наукових працівників певної галузі знань або науки, що здобувається на основі ступеня магістра – **доктор філософії**.

Науковий ступінь – рівень кваліфікації наукових працівників певної галузі знань або науки, що здобувається на основу ступеня доктора філософії – **доктор наук**.

Вчене звання старший дослідник, доцент, професор – рівень кваліфікації, що присвоюється працівникам вищої школи та науково-дослідних установ у залежності від виконуваної ними науково-педагогічної роботи.

Вчене звання **старший дослідник** присвоюється особі, яка професійно здійснює наукову та науково-технічну діяльність.

Вчене звання **доцента** і **професора** присвоюється особі, яка професійно здійснює науково-педагогічну (творчу мистецьку) діяльність.



## **9.2. Структура дисертації на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії та докторської дисертації**

Дисертаційну роботу загалом можна розглядати, як можливість реалізувати ідею, яку пошукувач довго виношує, поки вона не „дозріє”. Звичайно розпочинають з невеликої і скромної праці, яка поступово розвивається і, в кінці кінців, оформляється у вигляді дисертації.

Тема дисертації повинна бути актуальною в науковому та прикладному значеннях. Це означає, що поставлені в дисертації за обраною темою задачі вимагають швидкого вирішення для практики або відповідної галузі науки.

Актуальність теми дисертації розкривається як актуальність об'єкта і предмета дослідження. У стислому викладі показується, які задачі стоять перед теорією та практикою наукової дисципліни в аспекті обраної теми дослідження при конкретних умовах, що зроблено попередниками і що треба зробити в даному дисертаційному дослідженні.

Найбільш важливим етапом роботи над дисертацією є проблема дисертаційного дослідження. Проблема у науковому значенні – це питання або комплекс питань, що об'єктивно виникають у процесі розвитку пізнання, вирішення яких має практичний або теоретичний інтерес.

Вона виступає як усвідомлення, констатація недостатності досягнутого на даний момент рівня знань, що є наслідком появи нових факторів, зв'язків, законів, обговорення логічних недоліків існуючих теорій або наслідком появи нових запитів практики, які вимагають виходу за межі вже отриманих знань.

Актуальність теми повинна бути наочно показана і доведена. Ось деякі прийоми актуалізації теми дисертації:

1) задачі фундаментальних досліджень вимагають

розробки даної теми для пояснення нових фактів; уточнення, розвиток і вирішення проблеми дисертації можливі і конче необхідні в сучасних умовах;

2) теоретичні засади дисертації дозволяють зняти існуючі розходження врозумінні процесу або явища;

3) гіпотези і закономірності, висунуті в дисертаційній роботі, дозволяютьзагальнити відомі раніше і отримані пошукувачем емпіричні дані.

Актуальність теми у прикладному аспекті означає:

1) задачі прикладних досліджень вимагають розробки питань за даноютемою;

2) існує нагальна необхідність вирішення задач дисертації для потребсуспільства, практики і виробництва;

3) дисертація за даною темою суттєво поліпшує якість розробок творчихнаукових колективів у певній галузі знань;

4) нові знання, отримані в дисертаційній роботі, сприяють підвищеннюкваліфікації кадрів.

Після обґрунтування актуальності проблеми теми дисертації визначаються (уточнюються) об'єкт і предмет дослідження.

Під об'єктом у гносеології (теорії пізнання) розуміють те, що протистоїть суб'єкту (дисертанту) в його пізнавальній діяльності –частину практики або наукового знання, з якою дослідник має справу.

Предмет дослідження – це та сторона, той аспект, та позиція, з якої дослідник пізнає цілісний об'єкт. При цьому дисертант виділяє головні, найбільш суттєві, з його точки зору, ознаки об'єкта.

Визначення предмета дослідження являє собою розгортання і конкретизацію наукової проблеми, виходячи з задач дослідження, галузі наукового знання (наукової спеціальності, стику наукових спеціальностей), об'єкта вивчення.

Найпростіший спосіб визначення предмета дослідження полягає в тому, що пошукувач відбирає перелік питань, що підлягають розподілу, і вибудовує їх у тій послідовності, в якій вони будуть розглядатися. Можна підсилити моменти зв'язків між досліджуваними питаннями, долучивши їхню проблематику і логіку під проблему. Цим окреслюється ніби схема дисертації. Кожен пункт доповнюється характеристикою новизни, корисності, достовірності.

Об'єкт дослідження – більш широке поняття, ніж предмет дослідження. Один і той же об'єкт може бути предметом різних досліджень. Наприклад, об'єкт „техніка” може вивчатися механіками, соціологами, істориками тощо. Але предмети дослідження у них будуть різними.

Звичайно предмет дисертаційного дослідження співпадає з темою дисертації або є дуже близьким за звучанням. Рекомендується і предмет, і об'єкт дослідження відображати у назві теми дисертації. Структура назви дисертації може мати наступний вигляд (таблиця).

Таблиця

**Структура назви дисертації**

<b>Націленість</b>	<b>Об'єкт дослідження</b>	<b>Предмет дослідження</b>
Удосконалення	Технології...	За рахунок чого...
...		
Розробка...	Теорії...	З використанням ...
Оптимізація...	Практики...	В умовах...
Поліпшення...	Проектування...	З урахуванням...
Підвищення...	Розвиток...	З такого-то часу по такий...

Безумовно, визначальним у дисертації є не тільки обрана тема, а й задум дослідника, на основі якого визначається об'єкт (предмет) дослідження, а потім

– мета і задачі.

Мета дослідження – це те, що дисертант у самому загальному вигляді повинен (хоче) досягти внаслідок роботи над дисертацією.

На базі використання відомої літератури пошукувач повинен сформулювати основні засади теорії досліджуваного питання, з позицій побудови теорії критично проаналізувати існуючі теоретичні погляди на проблему, показати переваги своєї платформи з боку пояснювальної, прикладної та прогностичної функції теорії.

Саме цим забезпечується крок вперед у теорії проблеми. Побудова теоретичного розділу дисертації можлива на основі деякої базової гіпотези, яка всебічно обґрунтовується шляхом логічного доведення, апеляцій до авторитетів, зверненням до практики та історії питання.

У цьому випадку гіпотеза є одним із головних методів розвитку наукового знання, що полягає у наступному:

а) формулюванні гіпотези;

б) експериментальній (теоретичній) перевірці, що або підтверджує гіпотезу, і тоді вона стає фактом, концепцією, теорією, або у відкиданні її, і тоді розробляється нова гіпотеза і т. д. Формулюючи гіпотезу, вибудовують уявлення про те, яким чином необхідно досягти поставленої мети дослідження.

Гіпотеза, розпочинаючи від плану дослідження і закінчуючи готовою дисертацією з авторефератом, повинна неодноразово уточнюватися, доповнюватися або змінюватися. Це природно, але, все-таки, дослідження ліпше зразу ретельно планувати. Можна спробувати побудувати гіпотезу таким чином, щоб знайшлася можливість перевірити декілька варіантів, хоча б два, або сформулювати

багатокомпонентну гіпотезу, що охоплює різні аспекти, різні сторони досліджуваних явищ, процесів. Це збагачує дисертацію, підсилює позицію пошукувача, який завжди може чітко заявити: „Це вийшло, і саме завдяки тому-то, а це – ні, тут помилка і її не повинні повторювати інші”.

Сформульовані мета і гіпотеза дослідження логічно визначають його задачі. Під задачею розуміють подані у певних конкретних умовах цілі діяльності. Таким чином, задачі дослідження виступають як часткові, порівняно самостійні цілі дослідження в конкретних умовах перевірки сформульованої гіпотези. При цьому необхідно завжди пам'ятати, що поставлені мета і задачі повинні відповідати результатам, узгоджуватися з ними.

Наукова новизна дисертації повинна містити рішення нової наукової задачі або нові розробки, що розширюють існуючі рамки знань даної галузі науки. Новизна дисертації та її тема органічно пов'язані між собою.

Гіпотеза (прогноз) новизни дослідження забезпечує вихід на коло питань, що утворюють ядро дослідження.

Іноді це ядро дослідження називають „родзинкою” дисертаційної роботи, суттєвою ознакою новизни.

Необхідно не ототожнювати поняття „суттєві ознаки новизни” і „основні положення, що виносяться на захист”. Наведемо можливі орієнтири нових наукових результатів у дисертації:

- запропоновані автором нові або удосконалені критерії оцінки досліджуваних процесів;
- конкретні залежності для розрахунку параметрів;
- удосконалення наявних або розробка нових обґрунтованих методик аналізу, синтезу або розрахунку основних характеристик, засобів, визначення рушійних сил, причин тощо;
- розробка математичних моделей процесів і явищ;

- розробка пристроїв і способів на рівні винаходів та корисних моделей. Нові практичні результати:
- розробка проектів із організації процесів виробничого або суспільногоспрямування;
- досягнення у продуктивності, ефективності, зменшенні собівартості внаслідок використання інноваційних розробок;
- створення на основі відомих положень певного забезпечення з розробками прикладного характеру.

Елемент новизни полягає у створенні нових теоретичних положень та їх застосування на практиці. Аргументи корисності результатів дисертаційної роботи:

- а) наявність винаходів і корисних моделей;
- б) практичні рекомендації з розробки конкретного виробу;
- в) рекомендації, що дозволяють удосконалювати технологію виробництва, методики дослідження, точність вимірювання;
- г) рекомендації, призначені для конструкторських і технологічних відділів та бюро підприємств відповідних галузей;
- д) знання, що використовуються у навчальному процесі ВНЗ або при перепідготовці спеціалістів.

Об'єм дисертації на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії становить орієнтовно 125–150 сторінок, доктора наук – 300–350 сторінок.

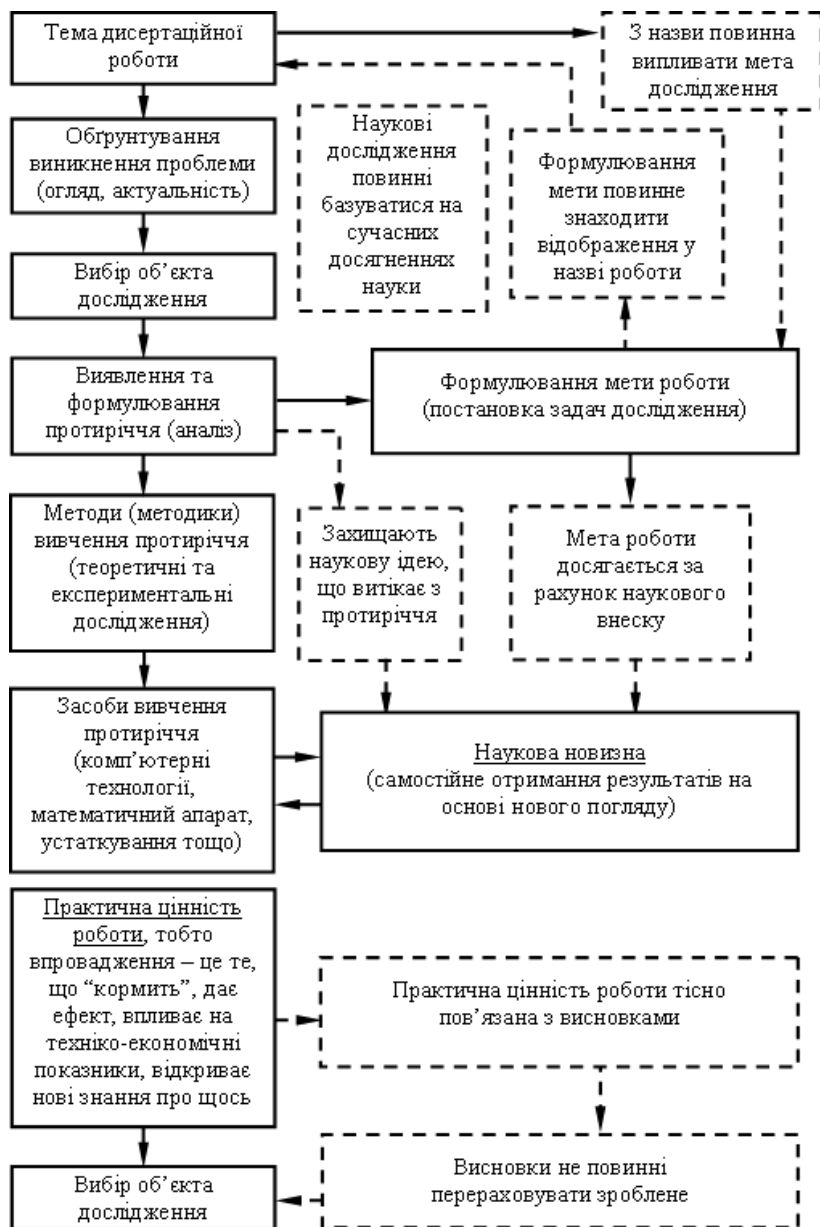


Рис. Структурна схема наукових досліджень

Дисертація на здобуття наукового ступеня містить:

- 1) титульний лист;
- 2) зміст;
- 3) основні позначення та скорочення;
- 4) вступ;
- 5) основний текст включає  
4–5 розділів із короткими і чіткими  
висновками до кожного з них;
- 6) загальні висновки;
- 7) додатки (за необхідністю);
- 8) список літератури зі 120-ти–150-ти  
найменувань.

У **вступі** (7–10 сторінок) пошукувач коротко визначає об'єкт дослідження, формулює актуальність проблеми, її стан на сьогодні, існуючі труднощі з вирішення проблеми, викладає суть поставленої наукової задачі або нових розробок, мету дослідження, напрямки і методи рішення, зміст роботи за розділами, подяки науковим керівникам, консультантам, колегам за допомогу.

Він являє собою коротку анотацію і висвітлює ступінь опрацювання даної проблеми, виклад того нового, що автором відноситься до предмету дослідження, основні положення, які автор виносить на захист.

Тут наводяться не конкретні результати, а нові ідеї та погляди, способи їх реалізації. У вступі також обґрунтовується актуальність теми дисертації, виклад провідної ідеї, визначаються задачі, дається загальна уява про роботу.

Треба відзначити, що на різних етапах виконання роботи пошукувачу необхідно неодноразово уважно і ретельно переписувати вступ, тому що він читається раніше інших розділів дисертації усіма зацікавленими особами і за



ним складається перше враження, яке надзвичайно важко змінити потім, про роботу і дисертанта.

**Перший розділ** повинен містити ґрунтовний повноцінний огляд відомих досліджень, патентний аналіз, матеріали, які найповніше показують те, що необхідно виконати для рішення поставлених задач і як це зробити найбільш раціонально. В огляді відомих досліджень мова йде про основні етапи і переломні моменти розвитку наукової думки за вирішуваною проблемою. Здійснена дисертантом систематизація відомих досліджень зміцнить загальне враження про цілісність роботи.

Коротко, критично оцінивши роботи своїх попередників, дисертант повинен озвучити ті питання, що залишилися невирішеними і, отже, визначити своє місце у вирішенні проблеми, поставити і сформулювати задачі дисертаційного дослідження. Перший розділ дисертації звичайно має обсяг 20–25 сторінок.

**Другий розділ** звичайно присвячується теоретичному обґрунтуванню рішення задачі з викладенням методики, запропонованої пошукувачем. Функції розділу – дати теорію питання у загальному вигляді з модифікацією, що наближає її до задач дослідження. У дисертаціях на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії тільки іноді пропонуються нові теоретичні принципи вирішення задачі.

При існуючому математичному апараті у більшості випадків вдається знайти необхідну теоретичну платформу, але у первинному вигляді вона являє собою тільки заготовку для наступного доопрацювання. Ця процедура полягає у встановленні обґрунтованих коефіцієнтів у рівняннях, що відображають фізику процесу, який аналізується, нових відкритих фактів, особливостей протікання явища. У найпростішому випадку – це емпіричні коефіцієнти, що узгоджують результати теорії і досліджень.

Можна піти далі і знайти теоретичне обґрунтування запропонованим коефіцієнтам досліджених залежностей. Методологічна помилка – використання цих коефіцієнтів, як

засобу підлаштування результатів дослідження і теорії. Особливе задоволення дають такі теорії, що базуються на вже відомих, але самі мають меншу кількість допущень.

Ідеал – теорія без допущень. До них наближаються теорії, основою яких є числові рішення задач із застосуванням комп'ютерних засобів. Але необхідно пам'ятати, що числове рішення – це завжди часткове рішення. Одночасно аналітичне рішення дозволяє розглянути сукупність рішень, провести більш якісний аналіз процесу. Об'єм другого розділу – 30–40 сторінок.

У **третьому розділі**, як правило, обґрунтовується вирішення задачі, проводиться аналіз сумісності (тотожності) експериментальних і теоретичних досліджень (результатів). Функції цього розділу (у технічних дисертаціях – експериментального) – конкретизувати узагальнене теоретичне рішення задачі. Об'єм третього розділу – 30–35 сторінок.

**Четвертий розділ** містить конкретне рішення з усіма граничними і вихідними умовами, розрахунки, оцінку теоретичних положень, якісну і кількісну оцінку результатів роботи. Тут дається порівняння за всіма аспектами з відомими рішеннями. Необхідно вказати на можливість узагальнень, подальшого розвитку ідей, використання результатів дисертації у суміжних галузях, але з дотриманням необхідної коректності. Об'єм розділу – 20–25 сторінок.

У **заклучному розділі** підводяться результати роботи, формулюються загальні висновки за результатами досліджень. При формулюванні наукових висновків необхідно розрізняти загальні висновки від висновків і рекомендацій, зроблених у кожному розділі дисертації. Якщо висновки останнього розділу узагальнюють результати дисертаційної роботи в цілому, то висновки розділів повинні бути більш конкретними, мати рекомендаційний характер без декларативності, з посиланням

на деталі, особливості і новизну конкретних етапів дослідження.

У загальних висновках дисертант дає наукове узагальнення досліджень, показує нетривіальність власних пошуків і представляє на розгляд наукового товариства нове наукове знання, отримане в дисертації.

Навпаки, висновки не можна назвати науковими, якщо в них лише констатуються факти виконання певних робіт або говориться про результати, в яких не розкривається нове знання з предмета дослідження пошукувача. Висновки, які узагальнюють результати, доцільні лише в розділі дисертаційної роботи, присвяченому саме аналізу основних результатів, що звичайно і робиться в останньому розділі.

У **додатках** до дисертації розміщуються матеріали допоміжного, довідкового характеру, на які автор не претендує, як на свій особистий внесок у науку. Це можуть бути таблиці, графіки, програми та результати рішення задач за допомогою комп'ютера, виведення формул і т. п., але не текст, винесений з метою скорочення об'єму розділів дисертації.

### **9.3. Наукова новизна та практична значимість дисертаційної роботи**

Оцінка дисертаційної роботи багато в чому визначається тим, як у ній представлені та розкриті поняття „наукової новизни” і „практичної значимості”.

Наукова новизна по відношенню до дисертації – це ознака, наявність якої дає автору право на використання поняття „**вперше**” при характеристиці отриманих ним результатів і проведеного дослідження в цілому. Поняття „вперше” означає в науці факт відсутності подібних результатів.

Вперше може проводитися дослідження на оригінальні теми, що раніше не вивчалися, дослідження архівних документів тощо.

Для великої кількості наук наукова новизна проявляється у наявності теоретичних положень, що вперше стимульовані і змістовно обґрунтовані, методичних рекомендацій, які впроваджені у практику і суттєво впливають на досягнення нових результатів. Новими можуть бути тільки ті положення дисертаційного дослідження, що сприяють подальшому розвитку науки в цілому або окремих її напрямків.

Практична значимість залежить від того, який характер має конкретне наукове дослідження. Якщо дисертація буде мати методологічний характер, то її практична значимість може проявитися у публікації основних результатів дослідження, у наявності авторитетних свідоцтв, патентів, актів упровадження результатів у практику; апробації результатів дослідження на конференціях і симпозіумах, у використанні наукових розробок у навчальних планах ВНЗ.

Якщо дисертація буде мати методичний характер, то її практична значимість може проявити себе у наявності

науково обґрунтованої та апробованої внаслідок експериментальної роботи системи методів і засобів удосконалення економічного, технічного або соціально-гуманітарного розвитку країни. Сюди ж відносять дослідження з наукового обґрунтування нових і розвитку діючих систем, методів і засобів того або іншого виду діяльності.

Якщо передбачається, що майбутнє дослідження буде забезпечувати наукове обґрунтування шляхів оптимізації або раціоналізації трудових і матеріальних ресурсів або суспільних, виробничих і навчальних процесів, тобто, носитиме суто прикладний характер, то його практична значимість може проявлятися у наступних формах:

- наукове обґрунтування варіантів напрямків, способів удосконалення умов і ефективності праці, основних виробничих і невиробничих фондів, матеріальних, паливно-енергетичних ресурсів та інших факторів соціальної та економічної діяльності відомства, об'єднання, організації;

- розробка прогресивних технологій і нових пристроїв та впровадження цих розробок у практику конкретних галузей економіки;

- розробка методик розрахунку і проектування у конструкторсько-технологічній підготовці виробництва;

- економічне обґрунтування заходів із використання науково-технічних досягнень у різних галузях науки і практики;

- отримання цілісного та систематизованого матеріалу, який може бути використаний у навчальному процесі, як посібник із реконструкції історичної інформації про розвиток суспільних і технічних явищ тощо.

#### **9.4. Вимоги до дисертації**

Дисертація готується особисто. У ній повинна міститися сукупність нових наукових результатів і положень, що виносяться на прилюдний захист. Рукопис дисертації повинен мати внутрішню цілісність і свідчити про особистий внесок її автора у науку.

Нові рішення, запропоновані пошукувачем, повинні бути жорстко аргументовані і критично оцінені порівняно з відомими рішеннями. У дисертаціях, що мають прикладне значення, наводяться дані про практичне використання отриманих наукових результатів, а в дисертаціях, що мають теоретичне значення, – рекомендації з використання наукових висновків.

Досвідченому члену дисертаційної ради, опоненту, експерту досить 15–20 хв., щоб оцінити якісний бік дисертаційного дослідження. Для цього достатньо прочитати те, що написано про актуальність теми, проблему, об'єкт, цілі, предмет, гіпотезу, задачі дослідження, уважно подивитися, як сформульована новизна і що виноситься на захист, а також висновки.

Далі все це зіставляється між собою, з точки зору логічної та повної побудови дослідження і доведення його до кінця. Крім того, швидко переглядається теоретична і експериментальна частини роботи, список літератури, за яким можна судити про широту наукового кругозору дисертанта.

З роками у вченого виробляються своєрідні навички, які дозволяють при швидкому перегляді дисертації, книги, рукопису статті тощо мимоволі зупиняти свій погляд на всіх недоречностях, дрібних помилках і описах. Багато опонентів володіють власними прийомами оцінки дисертації.

Зокрема, проглядаючи текст дисертації і відмічаючи номери літературних посилань, а потім зіставляючи їх з

переліком використаної літератури, можна робити висновок про добросовісність опрацювання дисертантом досліджуваної проблеми.

Збирання матеріалів дисертаційного дослідження покликане працювати на новизну. Тому моноліт майбутньої дисертації розбивається на частини відповідно до проблем, за якими добирається матеріал. Він відбирається з позицій потреби для формування оригінальності та новизни роботи.

Цілеспрямованість збирання матеріалу підсилює орієнтацію пошукувача на наповнення положень, які захищаються, і висновків дисертації. Але для цього вони повинні бути сформульовані якомога раніше! Наступний принцип відбору матеріалу базується на розумінні дисертації, як синтезу теоретичної і прикладної частин. Теорія повинна мати продовження на практиці, а практика – теоретичне обґрунтування.

При обґрунтуванні актуальності дисертаційного дослідження необхідно показати найбільшу актуальність саме даної конкретно обраної теми, а не актуальність напрямку дослідження у цілій галузі або якої-небудь теми з цього напрямку.

У першому розділі дисертації не тільки описують те, що зроблено попередниками, але й обґрунтовують власні наукові позиції, підходи і задуми. Цей розділ будується не просто на перерахуванні того, що зроблено кожним автором, а обов'язково з власною оцінкою дисертанта, з чим він згоден і бере на озброєння (і що конкретно), а з чим він не погоджується і чому. При цьому головна заповідь: замість критики попередників за те, що вони чогось не зробили, ліпше оцінити те, що їм вдалося зробити.

Дисертант повинен чітко розібратися, що ж дійсно є методологічною базою його дослідження. В будь-якому випадку він спирається на досвід попередників і саме у цьому його сила. Існування різних наукових шкіл об'єктивно



необхідне для розвитку науки. Але дисертант, вибудовуючи своє дослідження, повинен зайняти чітку позицію і обґрунтувати – які теорії, концепції він приймає за базові і чому, а на які тільки робить посилання під час аналізу літературних джерел.

Однією з основних вимог до дисертаційної роботи є її методологічна витриманість. Під терміном „методологічна витриманість дисертації” необхідно розуміти ефективність використання методів наукового пізнання та дослідження з метою отримання теоретичного і практичного знання предмета вивчення, керуючись при цьому сформульованими задачами.

Визначимо **основні риси** методологічно витриманої дисертації:

1. Коректна, науково обґрунтована постановка проблеми дослідження, що не просто існує в теорії, але й може бути розроблена практично з отриманням наукових результатів, яким властиві ознаки новизни, корисності та достовірності. Зокрема, постановка псевдопроблеми можлива внаслідок того, що вона сформульована надзвичайно розлого або невизначено.

2. Визначення предмета дослідження, як сукупності взаємопов'язаних між собою підпроблем, та вивчення висунутих питань забезпечується не тільки в статиці (зміст, форма), але й у динаміці (закони та закономірності розвитку). Необхідно врахувати, що визначення предмета дисертації виступає як подальший розвиток постановки проблеми, її глибоке розчленування і конкретизація з розмежуванням змістовної та формальної сторін. Останнє забезпечується за рахунок застосування різних методів дослідження.

1. Побудова теорії, за допомогою якої предмет дослідження (проблему, що вивчається) можна описати, пояснити, розкрити внутрішній механізм явищ і протиріч, передбачити розвиток процесу, видати рекомендації з

удосконалення. Цим забезпечується належний теоретичний рівень дисертації. Забезпечення єдності теорії і практики, яку ми розуміємо у тому сенсі, що створена пошукувачем теоретична концепція повною мірою використовується для аналізу практики і експериментальних даних, формулювання нових рекомендацій і, навпаки, що отримані практичні результати знову дозволяють доповнити і розвинути теорію. Це положення можна назвати ключовим моментом. У цьому випадку ми маємо дійсно наукове дослідження, в якому теорія виконує свою авангардну роль, власне, показуючи практиці передовий напрям розвитку і засоби для досягнення прогресу.

2. Завершеність і цілісність дослідження, що набуває властивостей системи, в якій кожна окремо взята частина може бути зрозуміла та пояснена з позицій цілого, а ціле здатне існувати і виконувати свої функції лише на основі своїх компонентів.
3. Достовірність отриманих наукових результатів, доведених і перевірених усіма можливими в кожному конкретному випадку теоретичними методами, експериментальними дослідженнями і практичними спостереженнями.

4. Для перевірки і уточнення методологічного апарату дисертаційного дослідження можна скористатися наступним прийомом.

На великому аркуші паперу у стовпчик записуються, наклеюються тощо: тема дослідження, готовий текст кожного розділу методологічного апарату. Окремим стовпчиком – назви розділів і параграфів, додається ще один стовпчик – висновки дослідження. Потім ретельно зіставляють ці формулювання.

Наприклад, читають „гіпотезу дослідження” і перевіряють, як вона відповідає темі дисертації,

сформульованому протиріччю, проблемі, об'єкту, предмету, меті, задачам і т. д. до висновків. Кожний стовпчик ретельно зіставляється з рештою стовпчиків. При цьому розділи „на захист виносяться”, „наукова новизна” і „висновки” можуть бути змістовно дещо ширшими за гіпотезу і задачу, доповнюватися конкретними відомостями без впливу на загальну логіку роботи. Але протилежного явища ні в якому разі не повинно бути: те, що міститься в гіпотезі, не може не бути відображене, наприклад, у висновках.

У дисертації не прийнято давати оцінку викладеному матеріалу. Норми наукової комунікації суворо регламентують характер викладення наукового матеріалу, вимагають відмови від того, щоб подавати власну думку у чистому вигляді. У зв'язку з цим автори дисертацій намагаються використовувати мовні конструкції, що виключають використання власного займенника „я”.

Зараз стало неписаним правилом, коли автор дисертації виступає у множині і замість „я” використовує займенник „ми”, що дозволяє йому відобразити власну думку, як думку певної групи людей, наукової школи або наукового напрямку.

Це повністю оправдано, оскільки сучасну науку характеризують такі тенденції, як інтеграція, колективна творчість, комплексний підхід до вирішення проблем. Займенник „ми” та його похідні якнайкраще передають і відтілюють ці тенденції сучасної наукової творчості.

Композиція наукової праці. Оскільки дисертація є кваліфікаційною працею, її оцінюють не тільки за теоретичною науковою цінністю, актуальністю теми і прикладному значенню отриманих результатів, але і за рівнем загальної методичної підготовки цього наукового твору, що, насамперед, знаходить відображення у його композиції. Композиція дисертації – це послідовність розташування її основних частин, до яких відносять

основний текст (тобто, розділи і параграфи), а також частини її довідково-супроводжувального апарату.

Зрозуміло, немає і не може бути ніякого стандарту щодо вибору композиції дисертаційної праці.

Кожен автор має право обирати будь-яку побудову та порядок організації наукових матеріалів, щоб отримати зовнішнє розташування їх і внутрішній логічний зв'язок у такому вигляді, який він вважає найліпшим, найбільш переконливим для розкриття свого творчого задуму.

При підготовці дисертації у вигляді рукопису пишеться автореферат, уякому викладаються основні наукові результати дисертаційного дослідження.

Основні положення дисертації повинні бути опубліковані у монографіях, наукових і спеціальних журналах або технічних збірниках, наукових працях ВНЗ або науково-дослідних інститутів, надрукованих типографським або іншим способом.

До опублікованих робіт, що відображають основні наукові результати дисертації, також прирівнюються дипломи на відкриття, авторські свідоцтва і патенти на винаходи, свідоцтва на корисну модель, патенти на промисловий зразок; алгоритми, внесені до Державного фонду алгоритмів і програм, за якими проведена відповідна експертиза на новизну; депоновані у закладах державної системи науково-технічної інформації рукописи робіт, анотованих у наукових журналах; препринти; опубліковані тези доповідей, зроблених на наукових конференціях, симпозіумах і семінарах; інформаційні карти на нові матеріали, внесені до Державного банку даних.

### 9.5. Підготовка до захисту

Після того, як дисертація написана, вона подається на розгляд досвідченим старшим колегам (як показує практика, на цьому етапі дисертант веде інтенсивне листування. Вірно оформляти листи допоможе інформація, наведена у дод. В). Такі обговорення виконаної роботи на кафедрі, в лабораторії допомагають значно поліпшити роботу. Всі зауваження, що мають місце на передзахистах, можна розділити на наступні категорії:

– зауваження по суті (їх необхідно брати на озброєння);

зауваження ніби по суті, але в них опонент говорить про те, що б він зробив сам. (До таких зауважень необхідно віднестись критично, враховувати їх, якщо це доцільно і реально здійснити, а, можливо, і ні.);

– зауваження ради зауважень, які говоряться для того, щоб показати свою ерудицію (тим не менше, такі зауваження іноді бажано врахувати, якщо це нескладно, щоб „поберегти самолюбство” опонентів при повторному обговоренні).

В будь-якому випадку дякувати всіх за висловлені зауваження необхідно обов'язково! Звичайно, всі зауваження врахувати неможливо навіть тому, що вони іноді протирічать одне одному. Необхідно враховувати ті зауваження, які поліпшують роботу, не руйнуючи її вцілому.

Доповідь дисертанту бажано написати і надрукувати, а також 2–3 рази потренуватися з годинником у руках. Від дисертанта вимагається чіткість і суворість викладення суті його дослідження.

Як будується доповідь? Замість того, щоб „нарізати” її зі змісту автореферату, ліпше написати у більш довільній формі. Дослівно можна дати тільки мету і задачі

дослідження, послатися на основних попередників і зачитати висновки. Решту тексту бажано подати своїми словами.

У доповіді повинна бути логічна побудова структури, чіткий обґрунтований зв'язок між її різними складовими, продумане виділення головного та другорядного. Як і будь-який прилюдний виступ, доповідь повинна мати вступ, фазу викладу суті роботи і закінчення.

Пошукувачу не потрібно доповідати про роботу довше визначеного терміну, що досягається, насамперед, підготовленістю доповідача та логічною побудовою структури доповіді. Рекомендується наступна побудова доповіді:

- 1) назва дисертації;
- 2) обґрунтування актуальності роботи;
- 3) протиріччя між відомим і невідомим;
- 4) наукові проблеми за темою дисертації;
- 5) мета дисертаційної роботи;
- 6) систематизація відомих рішень;
- 7) для вирішення наукових проблем необхідно виконати...;
- 8) можливі підходи до вирішення задач;
- 9) нові рішення, що відрізняються від відомих і дозволяють досягти мети...;
- 10) вперше вирішені питання теорії...;
- 11) запропонована нова методика розрахунку дозволила...;
- 12) експериментальні дослідження, що підтверд
- 13) отримані результати дозволяють підвищити ефективність...;
- 14) результати роботи успішно впроваджені...;
- 15) рекомендації можуть бути використані...;
- 16) перспективи подальших досліджень за темою дисертації;
- 17) висновки по роботі в цілому.

Закінчення доповіді можна зачитати, але ліпше викласти „без папірця” узагальнені висновки (3–5 показників) за результатами дисертації, в яких ще раз підкреслити основні позитивні моменти роботи: актуальність, новизну, достовірність і практичну значимість.

При підготовці доповіді необхідно враховувати, що 1 сторінка машинописного тексту, надрукованого через 2 інтервали, відповідає 2,0–2,5 хв. виступу в залежності від індивідуального темпу читання. На доповідь по дисертації на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії надають до 20 хв., для докторської – до 40 хв. Вкрай бажано цей регламент не порушувати, тому що при зменшенні часу іншим здається, що пошукувачу немає чого сказати, а при збільшенні – створюється враження, що пошукувач не вміє виступати. Необхідно дотримуватися визначеного регламенту, що є важливою якістю наукового працівника.

Необхідно залишити резерв часу на пояснення наочних засобів (плакатів, слайдів тощо).

Дуже відповідальний момент захисту – це відповіді пошукувача на питання, які задають члени дисертаційної ради. Окрім питань, заданих на всіх обговореннях, пошукувачу необхідно уважно переглянути свій автореферат ніби очима стороннього читача: „Які у нього можуть виникнути питання?”.

Як показує практика, 80–90 % питань, що звучать на захисті, можна передбачити. Приблизно 50 % наперед продуманих питань значно допоможуть дисертанту на трибуні під час захисту. На ці заготовлені (передбачувані) питання доцільно написати відповіді, щоб напередодні захисту ще раз їх переглянути. Бажано, щоб чітка відповідь на питання не виходила за межі однієї хвилини. Це приблизно 0,5 сторінки машинописного тексту. Краще, якщо відповідь буде ще коротшою (але вичерпною). Якщо дисертант при відповіді на питання починає говорити

довго, створюється враження, що він „поплив”, сам погано уявляє те, про що говорить. Точно необхідно знати відповіді на питання загального характеру про новизну, достовірність, актуальність, корисність для науки і практики, про предмет і об’єкт дослідження та підготувати їх наперед. Зрілість пошукувача проявляється у відповідях на питання по суті його роботи і в усіх тонкощах, які мають відношення до теми дисертації.

Перед захистом пошукувачу рекомендується ще раз прочитати свою дисертацію і автореферат, вивчити історію питання, задачі, проблеми, повторити прізвища основоположників та їх досягнення.

Запорука успіху полягає у безперервній праці і підготовці до захисту. Уважно і з повагою необхідно відноситися до членів ради, бажано знати кожного з них на ім’я та по-батькові. Якщо питання повторилося, не треба говорити, що на нього вже було дано відповідь.

Ліпше повторити відповідь, але під децю іншим кутом зору. Якщо відповідь на питання прийшла не одразу, то дайте її пізніше, але з поясненням, що відповідь своєчасно не прозвучала через хвилювання. Людський фактор всіма і завжди приймається до уваги. Відповіді та пояснення можна давати і в завершальному слові пошукувача.

На етапі завершення роботи над дисертацією пошукувачу доцільно відвідати декілька захистів саме у тій дисертаційній раді, де він сам збирається захищатися, для того, щоб уявляти, як виглядає процедура захисту, побачити в роботі членів ради. Рекомендується також творчо вивчити додаток Г – Є даного посібника.



## 9.6. Типові помилки при викладені результатів дисертації

*Наука завжди виявляється  
неправа. Вона ніколи не  
відповідає на питання, не  
поставивши при цьому десяток  
інших.*

*Б. Шоу*

1. Невизначені (розпливчаті) формулювання теми дослідження.
  2. Наукова проблема (задача) формулюється як прагматична проблема(задача).
- Відсутній логічний зв'язок між розділами і підрозділами.
1. Назва (тема) дисертації не відповідає об'єкту, предмету, меті і частковим задачам дослідження.
  2. Назва (тема) дисертації не відповідає науковій спеціальності, з якої захищається дисертація.
  3. Немає розмежування між об'єктом і предметом дослідження.
  4. Метою дослідження є не кінцевий науковий результат, а процес дослідження.
  5. Об'єкт і предмет дослідження представлені як традиційні.
  6. В дисертації вирішуються лише практичні (інженерні) задачі, а теоретичні відсутні.
  7. Порушена логіка (послідовність) викладу нових результатів.
  8. Недостатньо чітко сформульована наукова новизна і практична значимість результатів дослідження.
  9. Наукова новизна результатів підміняється актуальністю дослідження для практики.

10. Об'єкт дослідження сформульований як предмет і навпаки.
11. Відсутнє чітке визначення особистого внеску здобувача в розробку наукової проблеми (задачі).
12. Поверхневий (не критичний) аналіз основних джерел при виявленні протиріччя в практиці і протиріччя в науці.
13. Висновки і рекомендації дисертації не є новими, оригінальними або не відображають фактичних результатів дослідження.
14. Висновки недостатньо пов'язані з метою і задачами дослідження.

## РОЗДІЛ 10

### НАУКОВІ КОЛЕКТИВИ ТА ШКОЛИ ЯК ОСОБЛИВИ СТРУКТУРИ В НАУЦІ. ОСОБИСТІСТЬ ВЧЕНОГО

*Той, хто думає, що можна  
обійтися без інших, дуже  
помиляється; але той, хто  
думає, що інші не можуть  
обійтися без нього,  
помиляється ще більше.*

*Ф. Де Ларошфуко*

#### 10.1. Науковий колектив та організація його роботи

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

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

**Науковий працівник** – вчений, який має вищу освіту не нижче другого (магістерського) рівня, відповідно до трудового договору (контракту) професійно провадить наукову, науково-технічну, науково-організаційну, науково-педагогічну діяльність та має відповідну кваліфікацію незалежно від наявності наукового ступеня або вченого звання, підтверджену результатами атестації у випадках, визначених законодавством [23].

**Науково-педагогічний працівник** – вчений, який має вищу освіту не нижче другого (магістерського) рівня, відповідно до трудового договору (контракту) в університеті, академії, інституті професійно провадить педагогічну та наукову або науково-педагогічну діяльність та має відповідну кваліфікацію незалежно від наявності

наукового ступеня або вченого звання, підтверджену результатами атестації у випадках, визначених законодавством.

**Наукова творчість** – це співтворчість на засадах колективного начала, наукове знання кристалізується у різноманітних контекстах спілкування – у партнерстві, діалозі, дискусії тощо [50].

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

**Науковий результат** – нове наукове знання, одержане в процесі фундаментальних або прикладних наукових досліджень та зафіксоване на носіях інформації. Науковий результат може бути у формі звіту, опублікованої наукової статті, наукової доповіді, наукового повідомлення про науково-дослідну роботу, монографічного дослідження, наукового відкриття, проекту нормативно-правового акта, нормативного документа або науково-методичних документів, підготовка яких потребує проведення відповідних наукових досліджень або містить наукову складову, тощо [53].

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

**Науково-прикладний результат** може бути у формі ескізного проекту, експериментального (дослідного) зразка або його діючої моделі, конструкторської або технологічної документації на науково-технічну

продукцію, дослідного зразка, проекту нормативно-правового акта, нормативного документа або науково-методичних документів тощо.

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

## 10.2 Принципи створення та роботи наукового колективу

Таблиця

### Основні принципи створення наукового колективу

Принцип	Сутність принципу
Принцип гетерогенності	Склад наукового колективу має бути різнорідним і формуватися з людей, здатних розв'язувати різні типи проблем (фундаментальних, організаційно-управлінських, пошукових, прикладних,), взаємно доповнюючи один одного
Принцип комплексності	До наукового колективу мають бути залучені не тільки профільні фахівці, Для вивчення будь-яких об'єктів необхідною є інтеграція різних наукових напрямів і застосування методів багатьох наук.
Принцип сумісності	Необхідно, щоб за своїми фізіологічними, психологічними, моральними та інтелектуальними показниками люди були здатні, незважаючи на всі свої індивідуальні відмінності, до плідної спільної творчої праці.
Принцип відповідності	Відповідність формальної структури наукового колективу фактичному стану субординації його членів

Принцип перманентності	Безперервна зміна складу наукового колективу, адже колектив формується, існує, змінюється за своїм складом, у зв'язку зі зміною напрямів дослідження, а можливо, й повністю розформовується залежно від потреб науки.
Принцип «команд» (стабільності)	Окремі дослідники можуть приходити в команду (науковий колектив) ззовні й виходити з неї, але традиції, «дух команди», її специфічний творчий почерк розв'язання наукових проблем повинні залишатися за будь-яких обставин.
Принцип оптимальності кількісного і якісного складу	Відповідно до сучасних даних, оптимальна кількість первинного наукового колективу не повинна перевищувати 20 осіб.

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

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

## Принципи роботи наукового колективу

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

Таблиця

Принцип	Сутність
Принцип інформованості присутність проблеми	Процес дослідження буде сприйматися членами наукового колективу позитивно і з ентузіазмом, якщо кожен член колективу буде поінформований про результати які можуть бути досягнуті при вирішенні наукової проблеми.
Принцип тотальності	Всі, хто працює над проблемою повинні бути заздалегідь поінформовані про можливі проблеми і залучені до її вирішення.
Принцип ініціативизнизу	Інформація про завдання дослідження має стати частиною свідомості виконавців як корисна справа для наукового колективу
Принцип превентивної оцінки роботи	Необхідним є відповідне інформування співробітників з метою для виключення ототожнення тимчасових труднощів з наслідками прийняття тих чи інших рішень.
Принцип перманентної інформації	Керівник має систематично інформувати науковий колектив про стан виконання завдання, досягнуті успіхи чи невдачі.



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

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

*Умови ефективної роботи наукового колективу:*

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

**Оптимальний науковий колектив:**

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

**Основні права та обов'язки керівника наукової установи:**

- вирішення питань діяльності наукової установи відповідно до статутних завдань;
- представлення наукової установи в органах державної

- влади та органах місцевого самоврядування, підприємствах, установах, організаціях усіх форм власності;
- відповідальність за результати діяльності наукової установи перед власником або уповноваженим ним органом;
  - видання наказів і розпоряджень у межах своєї компетенції;
  - визначення функціональних обов'язків працівників;
  - призначення частини складу вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради наукової установи, яка є колегіальним дорадчим органом управління науковою і науково-технічною діяльністю наукової установи;
  - здійснення інших повноважень, передбачених статутом (положенням) наукової установи.
- щорічне звітування перед колективом наукових працівників про свою діяльність [86].

### **10.3 Особливості управління конфліктами в науковому колективі**

#### **Різновиди конфліктів у науковому колективі**

- 1) Конфлікти, які пов'язані з існуванням у науковому підрозділі формальної та неформальної форм організації.
- 2) Конфлікт, пов'язаний з неоднозначним розумінням цілей та завдань організації.
- 3) Конфлікт через існування міфологічних стереотипів бачення організації.
- 4) Конфлікт через обіймання декількох посад (ролей) у науковому колективі. Цей конфлікт, пов'язаний з необхідністю прийняття рішень керівниками, які одночасно обіймають кілька посад різного ієрархічного рівня.
- 5) Конфлікт через використання особистих стосунків при прийнятті рішень.
- 6) Конфлікт, пов'язаний з використанням ресурсів наукової організації.
- 7) Конфлікт, який виникає через матеріально-фінансові інтереси.
- 8) Конфлікт, пов'язаний з діяльністю науковців поза основною науковою організацією.

Конфлікт щодо виконання зобов'язань – конфлікт зобов'язань виникає в тому випадку, коли діяльність поза науковою організацією перетинається і перешкоджає виконанню зобов'язань за основним місцем роботи [76].

## 10.4 Наукова школа: сутність та ознаки

### Підходи до розуміння поняття «наукова школа»

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

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

Основними *умовами ефективного функціонування* наукових шкіл є:

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

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

**Ознаки наукової школи:**

- 1) Наявність ієрархічно структурованої наукової спільноти, яка розвивається у часі і просторі.
- 2) Наявність очільника – визнаного науковою спільнотою вченого, який володіє педагогічною майстерністю і має науковий авторитет.
- 3) Єдність тематики наукового пошуку керівника та учнів;
- 4) Спрямованість на розробку прогресивної або інноваційної наукової ідеї та продуктивної дослідницької програми нового, оригінального напрямку у науці.
- 5) Спільність наукових інтересів, принципів та методичних підходів при виконанні продуктивної програми досліджень.
- 6) Традиція наступності й передачі світосприймання, наукових цінностей, технологій науково-дослідної роботи.
- 7) Оригінальність наукових пошуків та характерний стиль роботи наукового колективу.
- 8) Постійне підвищення наукової кваліфікації

учасників школи.

9) Наукова значущість розробок даної школи.

10) Публікація наукових результатів.

Органічні форми спілкування та взаємного впливу членів співтовариства один на одного.

### **Критерії наявності та визнання наукової школи**

- 1) Відповідність профільної теми державним пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки, програмам МОН, НАНУ, галузеві.
- 2) Реєстрація НДР в рамках профільної теми у УкрІНТЕІ.
- 3) Захист докторських і кандидатських дисертацій за напрямом школи.
- 4) Наявність відкриттів, винаходів.
- 5) Видання монографій, публікацій у фахових виданнях, депонування звітів.
- 6) Організація наукових заходів: щорічних міжнародних чи всеукраїнських конференцій, постійно діючих семінарів.
- 7) Створені на базі школи діючі науково-виробничі структуридержавного рівня [11].

### 10.5. Роль особистості вченого в науці

Будь-яке наукове дослідження передбачає максимальне використання комплексу індивідуальних якостей дослідника, певних прийомів і способів дослідницької праці. Для ефективної наукової творчості дослідник повинен мати певні особистісні якості (табл. 8.3). Безумовно, важко знайти людину, котра мала б ці риси в повному обсязі, але потрібно прагнути їх розвивати та виховувати. Необхідна постійна робота над собою для більш повного розкриття задатків і здібностей, уваги, пам'яті, спостережливості, формування навичок наукової праці тощо [64].

#### Основні особистісні якості дослідника [23]

<b>Творчі та ділові якості</b>	<b>Основні характеристики</b>
1. Професійна підготовка	Наявність спеціальних знань, що відповідають специфіці наукової діяльності і обраному предмету дослідження, загальна ерудиція, наявність знань усуміжних галузях науки. Основні елементи: високий рівень базової освіти, володіння комп'ютером і сучасними інформаційними технологіями, науковою рідною мовою, знання іноземної мови тощо.

<b>Творчі та ділові якості</b>	<b>Основні характеристики</b>
2. Допитливість	Внутрішнє прагнення до збагнення істини, увага до непізнаного і незрозумілого, високий інтерес до нових знань, зокрема до навчальної та наукової літератури.
3. Цілеспрямованість	Людина повинна бути націлена на подолання різних труднощів, які виникають перед нею. Слід бути впевненому в своїх силах, правильності обраного напрямку пошуку. Цілеспрямованість дозволяє чітко уявити перспективу роботи, планувати виконання окремих етапів.
4. Працелюбність	Слід виробити в собі витримку і терпіння, оскільки на початкових етапах наукового дослідження можливі певні невдачі, прорахунки. В ряді випадків обставини змушують проводити додаткову перевірку отриманих результатів, що пов'язано з витратами фізичних і духовних сил.
5. Спостережливість	Здатність до цілеспрямованого виявлення об'єктивних властивостей, зв'язків і відношень досліджуваних об'єктів.



6. Ініціативність	Внутрішнє прагнення до вдосконалення форм діяльності, опанування новими методами, способами та прийомами дослідження, здатність до самостійного прийняття рішень.
7. Почуття новизни	Вміння по-новому підходити до предмета дослідження, критичне ставлення до нових точок зору, нетерпимість до догматизму, творчий підхід у роботі, активна підтримка всього нового та прогресивного.
8. Зацікавленість у результатах дослідження	Наявність внутрішньої потреби(мотивів, ідей), що спонукають до дослідження, ставлення до наукової праці як до важливої, привабливої.
9.Пунктуальність, ретельність, обов'язковість	Якісне, своєчасне та ретельне виконання планів і графіків дослідження, дотримання власних зобов'язань.

<b>Творчі та ділові якості</b>	<b>Основні характеристики</b>
10. Відповідальність і надійність	Здатність виконувати свої обов'язки, нести відповідальність за наукові дослідження, свої дії, вчинки та слова.

11. Організаторські здібності	Здатність до планування, упорядкування, узгодження, вдосконалення як власної діяльності, так і діяльності інших людей з метою досягнення поставленої мети та виконання завдань дослідження. Уміння раціонально й ефективно організовувати свою наукову працю.
12. Комунікбельність	Уміння налагоджувати контакти з різними людьми в процесі наукових досліджень.
13. Доброзичливість	Повага до інших людей і їх точок зору, людяність, прагнення допомогти у вирішенні певних проблем, співчуття.
14. Здорове честолюбство	Прагнення до визнання власних досягнень і поваги з боку колег і науковців, до просування по службі та кар'єрного росту.

### **Контрольні запитання**

1. Основні принципи створення наукового колективу.
2. Які принципи є засадничими щодо роботи наукового колективу?
3. Визначте якими особистісними якостями
4. Чим відрізняється наукова школа від наукового колективу.
5. Визначте особливості наукової школи: структуру, функції та основні ознаки.

### Список літератури

1. Васильєва О.Е. Основи технічної творчості [Текст]: навч. посібн. / О.Е. Васильєва, І.В. Паснак. – Львів: ЛДУ БЖД, 2015. – С. 129-179
2. Афанасьєв А. О. Основи наукових досліджень : [навч. посіб.] / А. О. Афанасьєв, Є. В. Кузькін. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2005. – 96 с.
3. Грабченко А. І. Методи наукових досліджень : [навч. посіб.] / А. І. Грабченко, В. О. Федорович, Я. М. Гаращенко. – Х. : НТУ «ХП», 2009. – 142 с.
4. Конверський А. Є. Основи методології та організації наукових досліджень : [навч. посіб.] / за ред. А.Є. Конверського. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 352 с.
5. Корягін М. В. Основи наукових досліджень: [навч. посіб.] / М. В. Корягін, М. Ю. Чік. – К. : Алерта, 2014. – 622 с.
6. Литвиняк Я.М. Методичні вказівки та завдання для виконання практичних занять з дисципліни «Наукові дослідження в технології машинобудування». – Львів, НУ «Львівська політехніка», 2001. – 30 с.
7. Палеха Ю. І. Основи науково-дослідної роботи : [навч. посіб.] / Ю. І. Палеха, Н. О. Леміш. – К. : Видавництво Ліра-К, 2013. – 336 с.
8. ДСТУ 2273 – 2006 «Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять».
9. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень / М. Т. Білуха. – К. : АБУ, 2002. – 480 с.
10. Демківський А. В. Основи методології наукових досліджень: [навч. посібн.] / А. В. Демківський, П. І. Безус. – К. : Акад. муніцип. упр., 2012. – 276 с.
11. Єріна А. М. Методологія наукових досліджень / А. М. Єріна. – К.: Центр навч. л-ри, 2004. – 212 с.
12. Клименюк О. В. Методологія та методи наукового дослідження: навч. посібн. / О. В. Клименюк. – К. : Міленіум, 2005. – 186 с.

13. Методологія наукових досліджень: [навч. посібн.] / В. П. Волков, М. А. Подригало, О. П. Кравченко [та ін.] ; Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т та ін. – Луганськ : СНУ, 2009. – 351 с.

14. Стеченко Д. М. Методологія наукових досліджень: [підручник] / Д. М. Стеченко, О. С. Чмир. – 2-ге вид., перероб. і допов. – К.: Знання, 2007.

15. Фареник С. Логіка і методологія наукового дослідження / С. Фареник. – К. : Вид. УАДУ, 2000. – 340 с.

16. Чупріна Н. В. Методологія сучасних наукових досліджень: [навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл.] / Н. В. Чупріна; Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. – К. : КНУТД, 2009. – 246 с.

17. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідної діяльності : підручник / В. М. Шейко, Н. М. Кушнарченко. – К.: Знання-прес, 2002. – 296 с.

18. Юринець В. Є. Методологія наукових досліджень : [навч. посібн.] / В. Є. Юринець ; Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. – Львів: ЛНУ, 2011. – 179 с.

19. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua>.