

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Навчально-науковий Аерокосмічний інститут**  
**Механіко-енергетичний факультет**  
**КАФЕДРА МАШИНОЗНАВСТВА**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни «**Основи наукових досліджень**»

(мова навчання – українська)

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»  
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»  
Спеціалізація «Якість, стандартизація та сертифікація»

Укладач: П.Носко

Конспект лекцій розглянутий та схвалений  
на засіданні кафедри машинознавства

Протокол № \_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_ 2016 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ М. Кіндрачук

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра машинознавства

Дисципліна

«Основи наукових досліджень»

Лекції - 34 години (17)

Практичні заняття - 34 години (17)

Самостійна робота - 41 години

МКР – 2

Домашнє завдання – 1

Екзамен

**Список рекомендованих джерел**

Основні рекомендовані джерела

1. Носко П.Л., Нигора В.М., Філь П.В., Бойко Г.О. Методологічні основи наукового дослідження машинобудівних конструкцій. - Навчальний посібник. – Луганськ: Вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2008. – 187с.

2. Баскаков А.Я., Туленков Н.В. Методология научного исследования. – Учеб. пособие. –К.: МАУП, 2002, –216 с.

3. Філіпенко А.С. Основи наукових досліджень. Конспект лекцій: Посібник. –К.: Академвидав, 2004, – 208 с.

4. Ткаченко Л.В. Основи наукових досліджень: Підручник. –К.: Центр навчальної літератури, 2003, –192 с.

5. П'ятницька-Позднякова І. С. Основи наукових досліджень у вищій школі. – К.: 2003. – 116 с.

6. Свердан М. Р. Основи наукових досліджень. – Практикум, – Чернівці. –Рута,– 2003. – 192 с.

Додаткові рекомендовані джерела

7. Основи економічної теорії: Частина 1 /за ред.. А.А. Чухно. –К: 1994. – 456 с.

8. Горбатенко І. Ю., Івашина Г. О. Основи наукових досліджень. — Підручник. — Херсон: 2001. — 176 с.

9. Грищенко І. М., Григоренко О. М., Борисейко В. А. Основи наукових досліджень. — Навчальний посібник — К.: КНТЕУ, 2001. — 212 с.

10. Ковальчук Р. В., Моїсеєв Л. М. Основи наукових досліджень. Навч. посібник. — К.: 2004. — 216 с.

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку науково-технічного прогресу, інтенсивного збільшення обсягу наукової і науково-технічної інформації, швидкої змінюваності й оновлення знань особливого значення набуває підготовка у вищій школі висококваліфікованих фахівців, здатних до самостійної, творчої роботи, до впровадження у виробничий процес новітніх технологій. З цією метою до навчального плану включено дисципліну «Основи наукових досліджень», яка розкриває перед студентами зміст наукового дослідження, знайомить з методами й методиками його проведення, формує потребу в отриманні нових знань, інтерес до науки. Водночас дана дисципліна розкриває великі перспективи вибраної спеціальності.

Наука - сфера дослідницької діяльності, вона налаштована на отримання нових знань про закони природи й суспільства. У даний час розвиток науки пов'язаний з міжнародною координацією наукової праці, створенням наукових установ, покращанням експериментального й лабораторного обладнання. Будучи слідством суспільного розподілу праці, наука виникає після відділення розумової праці від фізичної й перетворення пізнавальної діяльності у специфічний рід занять особливої групи людей. Поява машинного виробництва створює умови для перетворення науки в активний чинник самого виробництва. В умовах науково-технічної революції відбувається докорінна перебудова науки. Стимулюючи виробництво, наука проникає у всі чинники суспільного життя. Необхідність наукового підходу в матеріальному виробництві, в економіці і в політиці, у сфері управління і в системі освіти примушує науку розвиватися більш швидкими темпами, ніж будь-яку іншу галузь діяльності.

Сучасне суспільство знаходиться під впливом науки й техніки. Сьогодні наука стає у все більшій мірі продуктивною силою суспільства. Всі форми фізичної і розумової праці: медицина, транспорт, зв'язок, побут сучасної людини — відчують на собі перетворюючу дію науково-технічного прогресу.

## ПОНЯТТЯ НАУКИ, ЇЇ МЕТА, КЛАСИФІКАЦІЯ НАУК

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

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

Науки розподіляють на природні, технічні, суспільні й філософію.

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

Проблема класифікації наук - це проблема структури всього наукового знання. Щоб правильно показати її сучасне місце, а тим більше тенденції її перспективного розвитку, необхідно поглянути на неї з історичної точки зору. Тоді виявляється втрата колишньої простоти в загальній структурі науки, поява нових моментів, що суперечать тим основам, на які спиралася вся будова наукового знання в минулому. Ці моменти посилюються і створюються враження, що в даний час ми знаходимося на роздоріжжі: колишні погляди на загальну структуру науки почали ламатися, але поки не настільки сильно, щоб поступитися місцем новим поглядам, а нові погляди стали набувати чинності, але все таки

не настільки рішуче й ґрунтовно, щоб витіснити старі. Старе й нове співіснують поруч, немовби намагаючись знайти контакт або компроміс, як це нерідко трапляється напередодні корінного, революційного перевороту, що руйнує старе й рішуче прокладає дорогу новому.

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

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

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

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

Перші спроби підсумовування науково-технічних знань привели до систематизації і класифікації цих наук. Далі ця класифікація зажадала розвитку і об'єднання, при якому всередині кожної науки зберігаються свої властивості.

Вивчаючи ряд зв'язаних між собою рухів, сучасна класифікація відповідає внутрішнім властивостям, властивим об'єктам певної послідовності. Свій організаційний прояв класифікація наук одержує в побудові систем науково – дослідницьких інститутів, структурі вищих навчальних закладів, бібліотек та ін.

Тут двояко виступає закон заперечення. В одному значенні є повернення до початкового однозначного співвідношення: один об'єкт (предмет) - одна наука, але повернення відбувається на іншій, більш високій основі. В іншому значенні заперечення заперечення виявляється в тому, що початком усього наукового знання було виникнення в античності єдиної недиференційованої науки під егідою філософії (натурфілософії). На вищому ступені розвитку повинно буде виявитися немовби повернення до єдиної науки, але, зрозуміло, в більш глибокому і змістовному її розумінні.

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

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

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

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

Прикладами успішної реалізації в нашій країні найбільших наукових програм є оволодіння атомною енергією, освоєння космічного простору та ін. Крупні розробки, що вимагають участі десятків або сотень підприємств, різних міністерств і відомств, можна реалізувати тільки при програмно-цільовому плануванні й керуванні. Програма — це комплекс робіт, що переслідують важливу для народного господарства мету (наприклад, створення й освоєння нової технології). Інструмент для їх організації передбачає питання фінансування, ресурсного забезпечення, керування, складу учасників розробки, їх взаємодії і т.д. За кожною програмою призначають свого керівника, головну організацію, головне міністерство.

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

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

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

У цільових програмах відображається системний підхід до розвитку народногосподарства, намічаються шляхи вдосконалення системи керування для прискореного досягнення кінцевого результату.

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

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



## НАУКОВЕ ПІЗНАННЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

**Знання** - ідеальне відтворення в мовній формі узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивного світу.

Функціями знання є узагальнення розрізнених уявлень про закономірності природи суспільства й мислення; зберігання в узагальнених уявленнях усього того, що може бути передано як стійка основа практичних дій.

Знання є продуктом суспільної діяльності людей, направленої на перетворення дійсності. Процес руху людської думки від незнання до знання називають пізнанням, в основі якого лежить віддзеркалення об'єктивної дійсності в свідомості людини, в процесі її суспільної, виробничої і наукової діяльності, іменованої практикою. Потреби практики виступають основною й рушійною силою розвитку пізнання, його метою. Людина пізнає закони природи, щоб оволодіти силами природи й поставити їх собі на службу; вона пізнає закони суспільства, щоб відповідно до них впливати на хід історичних подій.

**Пізнання** зростає з практики, але потім само прямує на практичне оволодіння дійсністю. Від практики до теорії і від теорії до практики, від дії до думки і від думки до дійсності - така загальна закономірність відносин людини в навколишній дійсності. Практика є початком, початковим пунктом і одночасно природним завершенням всякого процесу пізнання. Слід зазначити, що завершення пізнання завжди відносне, оскільки в процесі пізнання, як правило, виникають нові проблеми й нові завдання, які були підготовлені й поставлені попереднім розвитком наукової думки. Вирішуючи ці завдання й проблеми, наука повинна випереджати практику і таким чином свідомо спрямовувати її розвиток.

У процесі практичної діяльності людина вирішує суперечність між наявним станом речей і потребами суспільства. Результатом цієї діяльності є задоволення суспільних потреб. Вказана суперечність є джерелом розвитку пізнання й, природно, знаходить віддзеркалення в його діалектиці.

Діалектика процесу пізнання виражається в суперечності між обмеженістю наших знань і безмежною складністю об'єктивної дійсності, між суб'єктив-

ною формою й об'єктивним змістом людського пізнання, в необхідності боротьби думок, що дозволяє шляхом логічних доказів і практичної перевірки встановлювати істину.

Вся наука, все людське пізнання направлені на досягнення істинних знань, що правильно відображають дійсність. Тільки істинне наукове знання слугує людині могутньою зброєю перетворення дійсності, дозволяє прогнозувати її подальший розвиток. На протилежність істинному знанню помилка є невірним, ілюзорним віддзеркаленням світу.

Істинні знання існують у вигляді законів науки, теоретичних положень і висновків, знань, підтверджених практикою й існуючих об'єктивно, незалежно від праць і відкриттів вчених. Тому істинне наукове знання об'єктивне. Разом з тим наукове знання може бути відносним і абсолютним.

**Відносне** знання - знання, яке будучи в основному вірним віддзеркаленням дійсності, відрізняється деякою неповнотою збігу образу з об'єктом.

**Абсолютне** знання - це повне, вичерпне відтворення узагальнених уявлень про об'єкт, що забезпечує абсолютний збіг образу з об'єктом. Абсолютне знання не може бути спростовано або змінено в майбутньому.

Слід зазначити, що безперервний розвиток практики виключає можливість перетворення знання в абсолютне, але абсолютність практики дозволяє відрізнити об'єктивно істинні знання від помилок. Пізнання включає два рівні: плотський і раціональний. Плотське пізнання формує емпіричне знання, а раціональне – теоретичне.

Плотське пізнання забезпечує безпосередній зв'язок людини з навколишньою дійсністю. Елементами плотського пізнання є відчуття, сприйняття, уявлення й уява.

**Відчуття** - це віддзеркалення мозком людини властивостей предметів або явищ об'єктивного світу, які діють на його органи чуття. Сприйняття — віддзеркалення мозком людини предметів або явищ у цілому, причому таких, що діють на органи чуття в даний момент часу.

**Сприйняття** - це первинний плотський образ предмету або явища.

**Уявлення** - вторинний образ предмета або явища, що в даний момент часу не діють на органи чуття людини, але обов'язково діяли в минулому. Представлення— це образи, що відновлюються слідами минулих дій предметів або явищ, що збереглися в мозку.

**Уява** - це з'єднання й перетворення різних уявлень в цілу картину нових образів.

Раціональне пізнання доповнює й випереджає плотське, сприяє усвідомленню єства процесів, розкриває закономірності розвитку. Формою раціонального пізнання є **абстрактне мислення**.

**Мислення** - це опосередковане й узагальнене віддзеркалення в мозку людини істотних властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами або явищами. Опосередкований характер мислення полягає в тому, що людина через доступні органам чуття властивості зв'язку і відношення предметів проникає у приховані властивості зв'язку, відношення; людина пізнає дійсність не тільки в результаті свого особистого досвіду, але й непрямим шляхом, засвоюючи в процесі спілкування з іншими людьми. Мислення нерозривно пов'язано з мовою й не може здійснюватися зовні неї. Дійсно, основний інструмент мислення - логічні міркування людини, структурними елементами яких (і формами логічного віддзеркалення дійсності) є поняття, думки, висновки.

**Поняття** - це думка, що відображає істотні й необхідні ознаки предмета або явища. Поняття можуть бути загальними, одиничними, збірними, абстрактними й конкретними, абсолютними й відносними. Загальні поняття пов'язані не з одним, а з безліччю предметів. Найширші поняття називаються **категоріями**, до них відносять деякі філософські поняття (про форму й зміст явищ), економічної теорії (товар, вартість) і т.д. Одиничні поняття відносяться завжди тільки до одного певного предмета. Під збірними маються на увазі поняття, що позначають цілі групи однорідних предметів, що є відомою єдністю, закінчену сукупність (ліс, транспортний потік і т.п.)

Поняття конкретні відносяться до конкретних предметів, а абстрактні поняття - до окремо взятих ознак цих предметів, наприклад «білі предмети». Особ-

ливістю відносних понять є те, що вони завжди мисляться попарно, наприклад; «правий» і «лівий», «начальник» і «підлеглий». **Абсолютними** називають такі поняття, що не мають парних відносин, наприклад «планета», «будинок», «дерево».

За ознакою відносин між поняттями їх ділять на тотожні, рівнозначні, підлеглі, супідрядні, частково згідні, суперечні і протилежні.

**Тотожними** називають такі поняття, що мають однаковий зміст. Це одні й ті ж поняття, тільки виражені в різній словесній формі. Рівнозначні поняття мають один і той же об'єм, але відрізняються за змістом. Так, поняття «автор «Капіталу» і «засновник наукового соціалізму» хоча і відносяться до однієї особи, але вказують на різні її ознаки.

Поняття характеризуються **об'ємом і змістом**. Об'єм поняття - це коло тих предметів, на які дане поняття поширено. Змістом називають сукупність ознак, що з'єднані в даному понятті.

Відносини тотожності й рівнозначності понять мають надзвичайно важливе значення в науці, оскільки роблять можливим заміщення одного поняття іншим. Цією операцією, наприклад, широко користуються в математиці при перетворенні й спрощенні співвідношень алгебри.

**Підлеглими** називають поняття, які за змістом входять у поняття більш високого рангу або більш загальні. **Супідрядними** є поняття, зв'язані за об'ємом (об'єм двох або більш понять входить в об'єм якого-небудь вищого поняття). Наприклад, поняття «багатокутник» і «коло» є підлеглими поняттю «геометрична фігура» і супідрядними між собою. Якщо окремі частини об'єму понять виявляються співпадаючими, загальними, то їх називають **частково згідними**. У подібному відношенні знаходяться, наприклад, такі поняття, як - «студент» і «спортсмен».

Поняття, що заперечує позитивне поняття, називають таким, що суперечить. Наприклад, поняття «нелюдина» заперечує позитивне поняття «людина». Поняття, що суперечать, не допускають нічого проміжного; одне поняття начисто виключає інше. Якщо поняття вказує не тільки на те, що заперечує, але й на те, що замість заперечуваного затверджується, то таке поняття називають **про-**

**тилежним.** Біля протилежних понять є середні й проміжні поняття. Так, між поняттями «білий» і «чорний» є поняття «сірий».

Для опису процесу формування нових складних понять з більш простих використовують спосіб виведення складних співвідношень з елементарних. Формалізація процесу часто здійснюється на мові теорії множин.

Розкриття змісту поняття називають його визначенням. Останнє повинне відповідати двом найважливішим ознакам: 1) визначення повинне вказувати на найближче родове поняття; 2) визначення повинне вказувати на те, чим дане поняття відрізняється від інших понять. Так, визначаючи поняття «квадрат», потрібно вказати на те, що квадрат відноситься до роду прямокутників і виділяється серед прямокутників ознакою рівності своїх сторін. Визначення поняття не повинне бути ні дуже широке, ні дуже вузьке, тобто відповідним і не повинно визначатися самим собою.

Розвиток наукових знань примушує уточнювати визначення понять, вносити нові ознаки в його зміст. При цьому поняття узагальнюються або обмежуються. У **науковому дослідженні** визначення звичайно завершують процес дослідження, закріплюють ті результати, до яких учений прийшов у своєму дослідженні. Без визначення понять можливе помилкове тлумачення думок автора дослідження. Визначення поняття виявляється можливим у тому випадку, коли ми знаємо, до якого роду воно відноситься й які в нього видові ознаки. Встановлення видових ознак здійснюється за допомогою розподілу поняття. Розподілом поняття називається розкриття всіх видів, що входять до складу даного поняття. Якщо визначення має справу із змістом поняття, що вивчається, то розподіл – з об'ємом поняття.

Розподіл підкоряється наступним правилам: 1) члени розподілу повинні вичерпувати об'єм ділимого поняття; 2) розподіл повинен проводитися з погляду однієї певної підстави; 3) члени розподілу повинні виключати один одного.

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

**Думка** - це зіставлення понять, що встановлюють об'єктивний зв'язок між мислимими предметами і їх ознаками або між предметом і класом предметів.

Думки діляться за наступними ознаками: якості, кількості, відношенню, модальності. У свою чергу, за якістю думки діляться на ствердні й негативні, за кількістю - на загальні, приватні й одиничні, за відношенням - на категоричні, умовні й розділові, за модальністю - на проблематичні, аподиктичні й асерторичні. У проблематичних думках наявність зв'язку понять наголошується лише з певним ступенем вірогідності. В аподиктичних думках указується, що зв'язок понять є безумовно необхідним. Асерторичні думки вказують тільки на дійсно існуючий зв'язок понять.

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

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

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

Висновки підрозділяються також на безпосередні й опосередковані. У безпосередніх висновках від однієї думки приходять до іншої. В опосередкованих думках перехід від однієї думки до іншої здійснюється за допомогою третьої. Якщо в процесі висновку змінюється форма думки, то говорять про її перетворення, наприклад ствердна думка стає негативною, і навпаки. При цьому

значення і кількість думки зберігаються. Поняття, думки і висновки виражаються в словесній формі.

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

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

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

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

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

Закон, знайдений шляхом здогадки, повинен бути потім логічно доведений, тільки тоді він визнається наукою. Для доказу закону наука використовує думки, які були раніше визнані істинними і з яких логічно слідує доводжувані

думка. В окремих випадках в рівній мірі опиняються доказовими суперечливі думки. В таких випадках говорять про виникнення парадоксу в науці, що завжди свідчить про наявність помилок в логіці доказу або неспроможності початкових думок в даній системі знань.

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

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

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

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

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

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

Початкові положення наукової теорії називаються постулатами або аксіомами.

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



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

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

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

У методології виявляються дві взаємозв'язані функції: 1) обґрунтування правил вживання світогляду до процесу пізнання і перетворення світу; 2) визначення підходу до явищ дійсності. Перша функція загальна, друга приватна. Загальна функція базується на узагальненні системи поглядів людини на світ в цілому, на місце окремих явищ у світі і на своє власне місце в ньому. Протилежності в науці виявляються в різних формах, що впливають з конкретно поставлених завдань. Це нове і старе, позитивне і негативне, консервативне і революційне. Нове, позитивне і революційне, як більш вчинене, пробиває собі дорогу в боротьбі із старим, віджилим. Не розуміти цього і не вивчати з позицій цього закону факти і явища - значить, ніколи не дійти до істини.

## НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТА, ОБ'ЄКТ І ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Мета наукового дослідження** – всебічне, достовірне вивчення процесу об'єкта або явища; їхньої структури зв'язків і відносин на основі наукових методів пізнання. Будь-яке наукове дослідження має свій об'єкт і предмет дослідження. **Об'єкт наукового дослідження** – матеріальна або ідеальна система. **Предмет** – це структура системи, закономірності взаємодії усередині системи та поза нею, закономірності розвитку, різні властивості й т.д.

Кожну науково-дослідну роботу можна віднести до певного напрямку. Крім напрямку в науково-дослідній роботі розрізняють наукові проблеми й теми. Під **науковим напрямком** розуміють сферу наукових досліджень колективу, присвячених розв'язанню яких-небудь великих завдань у певній галузі науки. Структурними одиницями напрямку є комплексні проблеми, проблеми, теми й питання. Під **проблемою** розуміють складне наукове завдання, що охоплює значну частину дослідження і має перспективне значення. Корисність таких завдань та їхній економічний ефект іноді можна визначити тільки орієнтовно. Комплексна проблема містить у собі кілька проблем. Проблема складається з ряду тем. Проблема може бути глобальною, національною, галузевою або міжгалузевою. Наприклад проблема захисту навколишнього середовища є глобальною.

**Тема** – це наукове завдання, що охоплює певну область наукового дослідження. Вона базується на численних дослідницьких питаннях. Під **науковими питаннями** розуміють більш дрібні наукові завдання, що відносяться до конкретної галузі наукового дослідження. При розробці теми або питання висувається конкретне завдання щось розробити або одержати й т.д. Вирішення проблем ставить більш велике завдання - вирішити комплекс наукових завдань, зробити відкриття. Постановка або вибір проблем є важким і відповідальним завданням і містить у собі наступні етапи:

1. На першому етапі **формулюють проблему**. Для цього на основі аналізу протиріч, досліджуваного напрямку формулюють основне питання і визначають загалом очікуваний результат.

2. Другий етап включає **розробку структури** проблеми. Виділяють теми, підтеми, питання. Комплекс цих елементів повинен утворювати дерево проблеми. По кожній темі виявляють орієнтовну область дослідження.

3. На третьому етапі встановлюють **актуальність проблеми** тобто її цінність для науки й техніки. На цьому етапі остаточно встановлюють структуру проблеми й позначають умовним кодом теми, підтеми і питання.

При обґрунтуванні проблем їх колективно обговорюють на засіданнях вчених рад, кафедр у вигляді публічного захисту. Тема дослідження є складовою частиною проблеми, на думку деяких вчених, вибрати тему часто більш складно, ніж провести саме дослідження. При виборі теми важливо вміти відрізнити псевдопроблеми від наукових проблем. Найбільше число псевдопроблем пов'язане з неповною інформованістю науковців, у зв'язку з чим іноді виникають проблеми, метою яких є раніше отримані результати. Слід зазначити, що при розробці особливо актуальної проблеми йдуть на дублювання досліджень з метою залучення до її рішення різних наукових колективів у порядку конкурсу. Обранню теми повинне передувати ретельне ознайомлення з вітчизняними й закордонними літературними джерелами даної і суміжної спеціальностей.

### **Пророблення і аналіз інформації.**

#### **Формулювання завдань наукового дослідження**

Кожне наукове дослідження після вибору теми починають з ретельного вивчення науково-технічної інформації. Ціль пошуку, пророблення, аналіз інформації - всебічне висвітлення стану питання за темою, уточнення її, обґрунтування мети й завдань наукового дослідження.

Слід приділити увагу вивченню різних літературних джерел, як в оригіналі, так і по перекладних виданнях. Аналіз іноземної інформації дозволить виключити дублювання з досліджуваної теми. Це потребує від науковця знання одній або двох іноземних мов (переважно англійської і німецької). Крім безпосередньо стосовної до теми інформації, необхідно проробити основну літературу з родинних спеціальностей. Так, при розробці теми щодо стійкості земляно-

го полотна автомобільних доріг, потрібно проробити літературу з питань стійкості земляного полотна залізниць і гребель, по окремих основах і фундаментах мостів, труб, будинків та інших споруд.

Дуже важливо ознайомитись із циклом дисциплін, близьких до теми, аналіз яких може бути корисний при розробці окремих питань теми. Наприклад, при розробці теми стійкості земляного полотна корисно ознайомитись з питаннями з фізики (теплопередача; дифузія газів, пар, рідини; фізика твердих тіл та ін.), математиці (вибір системи диференціальних рівнянь та їх розв'язання), хімії (аналіз взаємодії ґрунтів з водою, мінералами; аналіз засолення ґрунтів та ін.), прикладній механіці (аналіз навантажень, напружень і деформацій) та ін. Для всебічного аналізу інформаційного матеріалу необхідно ознайомитися з тематикою наукових досліджень, які проводяться в інженерно-будівельних вузах і факультетах країни.

Крім того в науково-дослідних інститутах накопичені значні обсяги інформації. Науковець може ознайомитися зі звітами, планами, методиками досліджень, поточними справами та ін. Проробляючи архівний матеріал цих організацій, потрібно робити запису лише необхідного за темою матеріалу із вказівкою номера звіту, року, теми, виконавців. На стадії збору та аналізу інформації корисні відрядження у проектні, будівельні та експлуатаційні організації. Наукові відрядження дозволяють з'ясувати, в якій мірі досліджувана тема є важливою на виробництві, та яким сторонам теми варто приділити особливу увагу, які питання складають першочерговий практичний інтерес. Бажано мати думку виробничих колективів з теми наукового дослідження.

Після збору літературних, архівних, виробничих та інших інформаційних даних і їхнього узагальнення корисно довідатись про думку великих вчених. Вони можуть надати істотну допомогу в розробці теми й обсязі накопиченої інформації, що. Таким чином, науковець, проробляючи тему, збирає велику кількість різної інформації. Залежно від найменування й наукової значущості теми обсяг інформації може досягати 100-200 найменувань і більше. Для ефективного аналізу цієї інформації необхідно знати методи її обліку, пророблення та аналізу.

**Облік** проробленої інформації зводиться до складання бібліографії. **Бібліографія** – це перелік різних інформаційних документів із вказівкою наступних даних: прізвище та ініціали автора, назва джерела, місце видання, видавництво, рік видання, обсяг джерела в сторінках. Наприклад: Золотарь И. А. Економіко-математичні методи в дорожнім будівництві. – М.: «Транспорт», 1974. – 248 с.

Пророблення інформації зводиться до її вивчення і запам'ятовування. Кожне джерело повинно бути ретельно пророблено. Тому дуже важливо вміти працювати над книгою. Читання, пророблення інформації – нелегка справа.

Першою умовою ефективного пророблення документів є установка, тобто мета читання, спрямованість. Вона активізує мислення, підвищує пам'ять, допомагає зрозуміти прочитане, робить сприйняття більш точнішим. Цей психологічний фактор вимагає від працівника заздалегідь певного настрою для осмислювання прочитаного, настроїти себе «на певну хвилю».

Пророблення науково-технічної інформації вимагає творчого підходу, для чого необхідне натхнення. Воно підвищує ефективність пророблення інформації. Але навіть якщо немає натхнення, потрібно зусиллям волі змусити себе працювати над книгою творчо. У процесі читання діють різні подразники - музика, шум, розмови, власні думки та ін. Вони незалежно від волі людини діють на центральну нервову систему, погіршують умови мислення. При певному рівні шуму наша увага відволікається, швидше наступає стомлення і якість засвоєння інформації погіршується. Тому щоб підвищити працездатність розумової праці, варто усувати різні перешкоди. Деякі читачі думають, що шум, музика їм не заважають. Це не зовсім так. Якщо перешкоди й не помічаються свідомістю, то їх фіксує нервова система. Особливо помітна роль перешкод при проробленні складної науково-технічної інформації.

Разом з тим, як показують психологічні дослідження, робота в повній ізоляції від зовнішнього середовища також не оптимальна. Перешкодами в таких випадках є власні думки, відволікання. Без напруження думки та уяви ефективність пророблення інформації знижується.

Самостійність праці - важливий фактор успішної роботи над інформацією. Кожна сторінка повинна бути неквапливо проаналізована, обдумана стосовно до поставленої мети. Тільки вдумливий, самостійний аналіз прочитаного дозволить переконатися у своїх судженнях, закріпити думки, поняття, уявлення. Дуже важливим фактором при проробленні літератури є наполегливість і систематичність. Часто, особливо при читанні важкого, складного нового тексту чітко осмислити його з першого разу неможливо. Доводиться читати й перечитувати, домагаючись повного поняття матеріалу. Послідовне, систематичне читання поліпшує його засвоєння. Відволікання зриває, розбудовує логічно налаштовану думку, призводить до стомлення.

Продуктивність пророблення інформації істотно залежить від розумової працездатності. Остання залежить від уміння правильно розподілити свою роботу в часі, вміло використовувати фізіологічні перерви. Після 1—2 годин роботи рекомендується робити перерви на 5—7 хвилин. Все це стимулює центральну нервову систему й підвищує працездатність. Іноді при читанні важкого тексту корисно відключитися на 2-3 хвилини.

Проробляючи текст, необхідно домагатися, щоб кожне місце було зрозуміле. В окремих випадках потрібно не тільки зрозуміти, але й запам'ятати текст на той або інший період. Кожен науковець повинен володіти мистецтвом запам'ятовування. Існують різні способи запам'ятовування.

**Механічний** — заснований на багаторазовому повторенні й завчанні прочитаного. При такому запам'ятовуванні (зазубрюванні) відсутній логічний зв'язок між окремими елементами. Цей спосіб найменш ефективний, він застосовний для обмежених випадків - запам'ятовування дат, формул, цитат, іноземних слів та ін.

Установлено, що тренування пам'яті численними повтореннями малоефективне. Пам'ять повинна базуватися не на формальному сприйнятті, а на активній розумовій діяльності опрацьованої інформації. Запам'ятати - значить мислити. Це основа ефективності пам'яті, підвищення продуктивності розумової праці.

**Значеннєвий спосіб** заснований на запам'ятовуванні логічних зв'язків між окремими елементами. При читанні необхідно зрозуміти не окремі елементи, а весь текст у цілому, його зміст, спрямованість, значення. Часто досить швидко прочитати текст один раз, щоб його запам'ятати. Однак при цьому особливу увагу необхідно приділяти логічним зв'язкам. Логічно-значеннєвий спосіб запам'ятовування на багато разів ефективніше механічного. Наприклад, важко механічно запам'ятати число 149162536496481. Але воно легко запам'ятовується значеннєвим способом - це квадрати чисел від 1 до 9 1 4 9 16 25 36 49 64 81.

**Довільний** спосіб запам'ятовування заснований на застосуванні різних мнемонічних заходів. Більш поширений вибіркового мнемонічний захід. Перед проробленням інформації задаються метою - запам'ятати тільки конкретний матеріал (залежно від пророблюваної мети), наприклад, технологічну послідовність будівництва дороги, будинку, споруди. Така спрямованість, настанова спрощує запам'ятовування матеріалу, що цікавить нас.

Іншим мнемонічним заходом є тимчасова спрямованість, тобто потрібна тривалість запам'ятовування. Так, студент силоміць волі змушує себе запам'ятати більше матеріалу на короткий строк з метою скласти іспит. Звичайно такий матеріал зберігається в пам'яті короткий строк. Науковець змушує себе надовго запам'ятати матеріал, що зберігається в пам'яті весь період розробки теми.

**Мимовільний** спосіб заснований на випадковому запам'ятовуванні (без наміру, установки) окремих фрагментів тексту, обумовленому виниклими емоціями в процесі читання.

Ми запам'ятовуємо повно й надовго не тільки тоді, коли цього хочемо, але й тоді, коли немає такого бажання, що трапляється при активному, творчому читанні. Так, при рецензуванні рукопису монографії науковець мимоволі добре запам'ятовує зміст книги.

Текст зберігається в пам'яті певний час. Поступово він починає забуватися. Спочатку після сприйняття інформації процес забування відбувається найбільш швидко, згодом темп його сповільнюється. Так, у середньому через один день губиться близько 23-25% заученого, через 5 днів - близько 35% і через 10 днів - 40%.

**Повторення** – один з ефективних способів запам'ятовування. Повторення буває пасивним (перечитування кілька разів) і активним (перечитування з переказом). Другий спосіб більш ефективний, у ньому сполучається завчання й самоконтроль. Іноді корисно сполучати активне повторення з пасивним. Щоб краще запам'ятати, потрібно правильно вибрати час для повторення. З огляду на характер забування, матеріал краще повторити в день читання або наступного дня, а потім повторювати тільки періодично й лише те, що становить найбільший інтерес. Невеликий за обсягом текст краще повторити повністю. Великі тексти спочатку освоюють у цілому, потім повторюють особливо важкі фрагменти.

Невід'ємною вимогою пророблення науково-технічної інформації є запис прочитаного. Він дозволяє: краще зрозуміти й засвоїти; подовжити процес сприйняття інформації, отже краще запам'ятати; відновити в пам'яті забуте; розвинути мислення, проаналізувати текст; відібрати найбільш важливі фрагменти інформації для розроблюваної теми.

Однак запис вимагає додаткового часу. Часто запис виконують не правильно. Так, дуже короткий запис збіднює пророблену інформацію. Навпаки, зайва подробиця в записі означає не тільки витрату часу, але й невміння зрозуміти й відбити головне. Іноді при записі головне підмінюється другорядним або спотворюється зміст тексту. Тому важливо вміти правильно записати пророблений текст.

Проробляючи науково-технічну інформацію, застосовують виписки, анотації, конспекти. **Виписки** – стислий або повний зміст окремих фрагментів розділів, глав, параграфів, сторінок інформації. Цінність виписок дуже висока. Вони можуть замінити суцільне конспектування тексту; стислість їх дозволяє в малому обсязі нагромадити більшу інформацію. Вдало відібрана виписка може бути основою для подальшої розумової, творчої діяльності науковця.

**Анотація** – це стислий зміст першоджерела. Анотації складають даний документ інформації в цілому. Їх зручно накопичувати на окремих картах з різних питань за пророблюваною темою. За допомогою анотацій можна швидко відновити в пам'яті текст.



**Конспекти** — це докладний виклад змісту інформації. Головне в складанні конспекту – це вміння виділити раціональне зерно стосовно до розроблюваної теми. Конспект повинен бути змістовним, повним і по можливості коротким. Повнота запису означає не обсяг, а все те, що є головним у даній інформації. Для того щоб конспект був коротким, необхідно писати текст своїми словами, що вимагає осмислювання, аналізу прочитаного, отже приносить більшу користь. При цьому слід застосовувати скорочення слів, але так, щоб не був утрачений зміст.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Метод** - це спосіб досягнення мети. Метод об'єднує суб'єктивні й об'єктивні моменти пізнання. Метод об'єктивний, оскільки в теорії, що розробляється, дозволяє відображати дійсність і її взаємозв'язки. Таким чином, метод є програмою побудови і практичного вживання теорії. Одночасно метод суб'єктивний, оскільки є знаряддям мислення дослідника і як таке включає його суб'єктивні особливості.

З філософської точки зору методи можна розділити на; **загальний** діючий у всіх областях науки і на всіх етапах дослідження; загальнонаукові (тобто для всіх наук); приватні (тобто для певних наук); спеціальні або специфічні (для даної науки).

Таке розділення методів умовне, оскільки в міру розвитку пізнання один науковий метод може переходити з однієї категорії в іншу.

До загальнонаукових методів відносяться: спостереження, порівняння, рахунок, вимірювання, експеримент, узагальнення, абстрагування, формалізація, аналіз і синтез, індукція і дедукція, аналогія, моделювання, ідеалізація, ранжирування, а також аксіоматичний, гіпотетичний, історичний і системні методи.

**Спостереження** - це спосіб пізнання об'єктивного світу, заснований на безпосередньому сприйнятті предметів і явищ за допомогою органів чуття без втручання у процес з боку дослідника.

**Порівняння** - це встановлення відмінності між об'єктами матеріального світу або знаходження в них загального, здійснюване як за допомогою органів чуття, так і за допомогою спеціальних пристроїв.

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

**Вимірювання** - це фізичний процес встановлення чисельного значення деякої величини шляхом порівняння її з еталоном.

**Експеримент** - одна із сфер людської практики, в якій піддається перевірці істинність гіпотез, що висуваються, або виявляються закономірності об'єктивного світу. В процесі експерименту дослідник втручається у процес, що вивчається, з метою пізнання, при цьому одні умови досліду ізолюються, інші виключаються, треті посилюються або ослабляються. Експериментальне вивчення об'єкта або явища має певні переваги в порівнянні зі спостереженням, оскільки дозволяє вивчати явища в «чистому вигляді» за допомогою усунення побічних чинників, при необхідності випробування можуть повторюватися і організуватися так, щоб досліджувати окремі властивості об'єкта, а не їх сукупність.

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

**Абстрагування** - це уявне відвернення від неістотних властивостей, зв'язків, відносин предметів і виділення декількох сторін, що цікавлять дослідника. Воно, як правило, здійснюється в два етапи. На першому етапі визначаються неістотні властивості, зв'язки і т.д. На другому - досліджуваний об'єкт замінюють іншим, більш простим, він є спрощеною моделлю, що зберігає головне в складному.

Розрізняють наступні види абстрагування: **ототожнення** (утворення понять шляхом об'єднання предметів, зв'язаних своїми властивостями в особливий клас); **ізолювання** (виділення властивостей, нерозривно пов'язаних з предметами); **конструктивізація** (відвернення від невизначеності **меж реальних об'єктів**) і, нарешті, **допущення потенційної здійсненності**.

Яскравим прикладом абстрактної моделі дійсності є ідеальний газ, який широко використовується у фізиці, термодинаміці та інших науках.

**Формалізація** - відображення об'єкта або явища в знаковій формі якої-небудь штучної мови (математики, хімії і т. д.) і забезпечення можливості дослідження реальних об'єктів і їх властивостей через формальне дослідження відповідних знаків.

**Аксиоматичний метод** - спосіб побудови наукової теорії, при якій деякі твердження (аксіоми) приймаються без доказів і потім використовуються для отримання решти знань за певними логічними правилами. Загальновідомою, наприклад, є аксіома про паралельні лінії (не перетинаються), яка прийнята в геометрії без доказів.

**Аналіз** - метод пізнання за допомогою розчленування або розкладання предметів дослідження (об'єктів, властивостей і т.д.) на складові частини. У зв'язку з цим аналіз складає основу аналітичного методу досліджень.

**Синтез** - з'єднання окремих сторін предмета в єдине ціле. Аналіз і синтез взаємозв'язані, вони є єдністю протилежностей. Розрізняють наступні види аналізу й синтезу: прямий або **емпіричний метод** (використовують для виділення окремих частин об'єкта, виявлення його властивостей, найпростіших вимірювань і т.п.); поворотний або **елементарно-теоретичний метод** (що базується на уявленнях про причинно-наслідкові зв'язки різних явищ); **структурно-генетичний метод** (що базується на виявленні таких елементів в складному явищі, які впливають на всю решту сторін об'єкту).

Важливими поняттями в теорії пізнання є: **індукція** - висновок про факти до деякої гіпотези (загального твердження) і **дедукція** - висновок, в якому йдеться мова про деякий елемент множини. Робиться на підставі знання загальних властивостей всієї множини. Таким чином, дедукція й індукція - взаємодоповнюючі методи пізнання, що широко використовують приватні методи формальної логіки. Це методи єдиної схожості (передбачається, що єдина схожа обставина є причиною даного явища); єдиної відмінності (передбачається, що єдина відмінність обставин є причиною явища); супутніх змін (зміна одного явища приво-

дить до зміни іншого, оскільки обидва ці явища знаходяться в причинному зв'язку); залишків (якщо відомо, що деякі з сукупності певних обставин є причиною частини явищ, то залишок цього явища викликається рештою обставин).

Одним з методів наукового пізнання є **аналогія**, за допомогою якої досягається знання про предмети й явища на підставі того, що вони мають схожість з іншими. Ступінь вірогідності (достовірності) висновків аналогічно залежить від кількості схожих ознак відносно порівнюваних явищ (чим їх більше, тим більшу вірогідність має висновок і він підвищується, коли зв'язок вивідної ознаки з якою-небудь іншою ознакою відомий більш – менш точно). Аналогія тісно пов'язана з моделюванням або модельним експериментом. Якщо звичний експеримент безпосередньо взаємодіє з об'єктом дослідження, то в моделюванні такої **взаємодії немає, оскільки експеримент проводиться** не з самим об'єктом, а з його заміником. Прикладом може служити аналогова обчислювальна машина (АВМ), дія якої заснована на аналогії диференціальних рівнянь, що описують як властивості досліджуваного об'єкта, так і електронної моделі.

**Гіпотетичний метод** пізнання припускає розробку наукової гіпотези на основі вивчення фізичної, хімічної і т.п. природи досліджуваного явища за допомогою описаних вище способів пізнання, а потім формулювання гіпотези, складання розрахункової схеми алгоритму (моделі), її вивчення, аналіз, розробку теоретичних положень. Як в соціально-економічних і гуманітарних науках, так і в природничих і технічних дослідженнях часто використовують історичний **метод** пізнання. Цей метод припускає дослідження виникнення, формування і розвитку об'єктів у хронологічній послідовності, внаслідок чого дослідник одержує додаткові знання про об'єкт (явище), що вивчається, у процесі їх розвитку.

При гіпотетичному методі пізнання дослідник нерідко вдається до ідеалізації - це уявне конструювання об'єктів, що практично нездійсненні (наприклад, ідеальний газ, абсолютно тверде тіло). У результаті ідеалізації реальні об'єкти позбавляються деяких властивих їм якостей і наділяються гіпотетичними якостями.

При дослідженнях складних систем з багатоманітними зв'язками, що характеризуються як безперервністю й детермінованістю, так і дискретністю й

випадковістю, використовують **системні методи** (дослідження операцій, теорія масового обслуговування, теорія керування, теорія множин та ін.). У даний час такі методи набули поширення значною мірою в зв'язку з розвитком ЕОМ.

При аналізі явищ і процесів у складних системах виникає потреба розглядати велику кількість чинників (ознак), серед яких важливо вміти виділяти головне за допомогою методу ранжирування й виключення другорядних чинників, що не впливають істотно на досліджуване явище. Отже, цей метод допускає посилення основних і ослаблення другорядних чинників, тобто їх розміщення за певними правилами в ряд убиваючої або зростаючої послідовності щодо сили чинника.

Різноманітні методи наукового пізнання умовно підрозділяються на ряд рівнів: емпіричний, експериментально-теоретичний, теоретичний і метатеоретичний рівні.

**Методи емпіричного рівня:** спостереження, порівняння, розрахунок, вимірювання, анкетне опитування, співбесіда, тести, метод проб і помилок і т.д. Методи цієї групи конкретно пов'язані з явищами, що вивчаються, і використовуються на етапі формування наукової гіпотези.

**Методи експериментально-теоретичного рівня:** експеримент, аналіз і синтез, індукція й дедукція, моделювання, гіпотетичний, історичний і логічні методи. Ці методи допомагають досліднику знайти ті або інші достовірні факти, об'єктивні прояви в протіканні досліджуваних процесів. За допомогою цих методів здійснюється накопичення фактів, їх перехресна перевірка. Слід при цьому підкреслити, що факти мають науково-пізнавальну цінність тільки в тих випадках, коли вони систематизовані, коли між ними розкриті не випадкові залежності, визначені причини слідства. Таким чином, завдання виявлення істини вимагає не тільки збору фактів, але й правильної їх теоретичної обробки. Первинну систематизацію фактів і їх аналіз здійснюється вже в процесі спостереження, бесід, експериментів, бо ці методи включають не тільки сприйняття предметів і явищ, але й їх відбір, класифікацію, осмислення сприйнятого матеріалу, його фіксацію.

**Методи теоретичного рівня:** абстрагування, ідеалізація, формалізація, аналіз і синтез, індукція і дедукція, аксіоматика, узагальнення і т.д. На теорети-

чному рівні проводяться логічне дослідження зібраних фактів, вироблення понять, думок, робляться висновки. У процесі цієї роботи співвідносяться ранні наукові уявлення з виникаючими новими. Таким чином, новий теоретичний зміст знань надбудовується над емпіричними знаннями. На теоретичному рівні пізнання широко використовують логічні методи схожості, відмінності, супутніх змін, розробляють нові системи знань, вирішують завдання подальшого узгодження теоретично розроблених систем з накопиченим новим експериментальним матеріалом.

До методів **метатеоретичного рівня** відносяться діалектичний метод і метод системного аналізу. За допомогою цих методів досліджують самі теорії і розробляють шляхи їх побудови, вивчають систему положень і понять даної теорії, встановлюють межі її використання, способи введення нових понять, обґрунтовують шляхи синтезу декількох теорій. Центральним завданням даного рівня досліджень є пізнання умов формалізації наукових теорій і виробітку формалізованих мов, іменованих метамовами.

При вивченні складних, взаємозв'язаних одна з одною проблем використовують **системний аналіз**, що одержав широкий вжиток в різних сферах наукової діяльності людини, зокрема в логіці, математиці, загальній теорії систем, внаслідок чого сформувалися такі науки, як металогіка й метаматематика. Металогіка досліджує системи положень і понять формальної логіки, розробляє питання теорії доказів, визначності понять, істини у формалізованих мовах. Метаматематика займається вивченням різних властивостей формальних систем і числень.

В основі системного аналізу лежить поняття системи, під якою розуміється безліч об'єктів (компонентів), що володіють певними властивостями з фіксованими між ними відносинами. На базі цього поняття проводять облік зв'язків, використовують кількісні порівняння всіх альтернатив для того, щоб свідомо вибрати найкраще вирішення, оцінене яким-небудь критерієм, наприклад вимірністю, ефективністю, надійністю і т.п.

Оскільки системний аналіз має загальний, міждисциплінарний характер, тобто торкається освіти, розвитку, функціонування, синтезу будь-яких систем,

то деякі зарубіжні науковці вважають, що системний аналіз замінює філософію, є новою загальною методологією науки. Таке сприйняття системного аналізу невірне, оскільки зводить функцію філософського знання лише до методології наукового дослідження. У всіх науках існують філософські основи, використовуються філософські категорії, але це не мотив ухвалення основ теорії за саму теорію. Системний аналіз, з одного боку, дозволяє застосовувати ряд загальнофілософських положень до вирішення приватних завдань, а з іншою - збагачує саму філософію розвитком конкретних наук. Чим далі розвивається системний аналіз, тим розвивається його мова, тим він далі віддаляється від своєї первинної філософської основи. Таким чином, ототожнення системного аналізу з діалектичним методом, з філософією неправомірне і може призвести до світоглядних і методологічних помилок.

Системний аналіз використовують для дослідження таких складних систем, як економіка окремої галузі, промислове підприємство, об'єднання, при плануванні і організації технології комплексних будівельних процесів, виконуваних декількома будівельними організаціями, та ін.

Системний аналіз складається з основних чотирьох етапів: перший полягає в постановці завдання - визначають об'єкт, мету й завдання дослідження, а також критерії для вивчення й керування об'єктом. Неправильна або неповна постановка цілей може звести нанівець результати подальшого аналізу. Під час другого етапу окреслюють межі системи, яку вивчають, визначають її структуру; об'єкти й процеси, що мають відношення до поставленої мети, розбивають на систему й зовнішнє середовище, яке власне вивчають. При цьому розрізняють замкнуті й відкриті системи. При дослідженні замкнутих систем впливом зовнішнього середовища на їх поведінку нехтують. Потім виділяють окремі складові частини системи - її елементи, встановлюють взаємодію між ними і зовнішнім середовищем. Саме так формується, наприклад, така фундаментальна наука, як термодинаміка.

Останнім часом все більше уваги в техніці приділяють вивченню замкнутих систем, що мають закриті технологічні цикли, так звану «безвідходну тех-

нологію». Такі технологічні процеси перспективні як з позиції економіки, так і екології: «чим менше відходи, тим вище рівень виробництва».

Третій, найважливіший етап системного аналізу полягає в складанні математичної моделі досліджуваної системи. Спочатку проводять параметризацію системи, описують виділені елементи системи і їх взаємодію. Залежно від особливостей процесів використовують той або інший математичний апарат для аналізу системи в цілому.

Слід при цьому відзначити, що аналітичні методи використовуються для опису лише невеликих систем, унаслідок їх громіздкості або неможливості складання й вирішення складної системи рівнянь. Для опису великих систем, їх характеристик не тільки якісних, але й кількісних використовуються дискретні параметри (бали), що приймають цілі значення. Наприклад, твердість матеріалів оцінюють балами за шкалою Мооса, енергію сейсмічних хвиль при землетрусах - балами за И. Ріхтером та ін. Методи операцій з дискретними параметрами мають місце в теорії множин і перш за все в таких її розділах, як в алгебрі множин і в алгебрі висловів (математичній логіці), що становлять основу математичного забезпечення сучасних ЕОМ.

Разом з апаратом алгебри множин і алгебри висловів при дослідженні складних систем широко використовують методи **вірогідності**, оскільки в них переважають стохастичні процеси. Тому найбільш часто досліджують розвиток процесів з деякою вірогідністю або визначають вірогідність протікання процесів, що вивчаються.

Якщо досліджують складні системи, іменовані як узагальнені динамічні системи, що характеризуються великою кількістю параметрів різної природи, то з метою спрощення математичного опису їх розчленовують на підсистеми, виділяють типові підсистеми, проводять стандартизацію зв'язків для різних рівнів, ієрархії однотипних систем. Прикладами такого підходу до вивчення складних систем, наприклад керування, є типові обурення, типові ланки системи з певними статичними й динамічними властивостями. У результаті третього ета-



пу системного аналізу формуються закінчені математичні моделі системи, описані на формальній, наприклад алгоритмічній мові.

Важливим етапом системного аналізу є четвертий. Це аналіз одержаної математичної моделі, визначення її екстремальних умов з метою оптимізації і формулювання висновків.

**Оптимізація** полягає в знаходженні оптимуму даної функції (математичної моделі досліджуваної системи, процесу) і відповідно знаходження оптимальних умов поведінки даної системи або протікання даного процесу. Оцінку оптимізації проводять за критеріями, що приймають у таких випадках екстремальні значення (виражаючи наприклад, максимальне знімання продукції з одиниці об'єму апарату, мінімальну вартість продукції при певній продуктивності, мінімальну витрату палива і т. д.). На практиці вибрати належний критерій досить складно, оскільки в завданнях оптимізації може виявлятися необхідність в багатьох критеріях, що іноді виявляються взаємно суперечливими. Тому найбільш часто вибирають який-небудь один основний критерій, а для інших встановлюють порогові гранично допустимі значення. На підставі вибору складається залежність критерію оптимізації від параметрів моделі досліджуваного об'єкта (процесу). Такий результат дослідження надзвичайно важливий для практичних цілей, дає певне подальше дослідно-конструкторське опрацювання завдання.

## **ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ І МЕТОДОЛОГІЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ**

**Творчість** - мислення в його вищій формі, що виходить за межі відомого, а також діяльність, що породжує щось якісно нове. Остання включає постановку або вибір завдання, пошук умов, шляху його вирішення і в результаті - створення нового.

Творчість може мати місце в будь-якій сфері діяльності людини: науковій, виробничо-технічній, художній, політичній та ін. Зокрема, наукова творчість пов'язана з пізнанням навколишнього світу. Науково-технічна (або просто

технічно) творчість має прикладні цілі й напрям на задоволення практичних потреб людини. Під ним розуміють пошук і вирішення завдання в області техніки на основі використання досягнень науки.

Протягом усієї людської історії вчені й винахідники минулого для створення нового використовували малопродуктивний метод «проб і помилок». Безсистемно перебираючи велику кількість можливих (мислимих) варіантів, вони знаходили (іноді!) потрібне рішення. При цьому чим складніше завдання, чим вище її творчий рівень, тим більше можливих варіантів її вирішення, тим більше «проб» потрібно вчинити. У зв'язку з цим творчі знахідки мали переважно випадковий характер. Від першого воза з колесами до винаходу колеса з маточиною й спицями (2 тис. років до н. е.) пройшло близько двох тисячоліть. Проте історія людства показує, що в цілому період реалізації творчих ідей має яскраво виражену тенденцію до скорочення. Дійсно, якщо від друкарських дощок до винаходу книгодрукування (1440) пройшло «лише» шість століть і потім до створення друкарської машинки чотири століття, то, наприклад, транзистор винайдений в 1948р., був реалізований в 1953р. В епоху сучасної науково-технічної революції потреба в нових технічних винаходах високого рівня істотно зросла й продовжує збільшуватися, що постійно підвищує вимоги до продуктивності, ефективності і якості творчої праці.

Реалізація цього завдання можлива тільки на основі якісної перебудови стилю мислення, розробки теорії і методології науково-технічної творчості і їх широкого практичного використання.

**Творчість** є явищем, що відноситься перш за все до конкретних суб'єктів і пов'язана з особливостями людської психіки, закономірностями вищої нервової діяльності, розумової праці. Одні вчені вважають, що мислення починається там, де створилася проблемна ситуація, що припускає пошук рішення в умовах невизначеності, дефіциту інформації. Інші стверджують, що визначальним механізмом творчості є не логіка, а інтуїція. «За допомогою логіки доводять, за допомогою інтуїції винаходять», - говорив А. Пуанкаре. І дійсно, інтуїція часто допомагає в пошуку правильного рішення, проте при цьому слід зазначити, що

якщо раніше явище інтуїції відносилось до чогось містичного й надприродного, то в даний час довели, що інтуїція має матеріалістичне пояснення і є швидким вирішенням, одержаним у результаті тривалого накопичення знань в даній області і, отже, тривалої підготовки. Це, скоріше, підсумок розумової діяльності, ніж початок. Таким чином, інтуїція приходить як винагорода за працю вченого, тому складному механізму творчого мислення властиві як інтуїція, так і логіка.

Специфічний акт творчості - **раптове осяяння (інсайт)** - полягає в усвідомленні чогось, що спливає з глибин підсвідомості, в схоплюванні елементів ситуації в тих зв'язках і відносинах, що гарантують вирішення завдання.

Пошук вирішення творчого завдання у зацікавленого й кваліфікованого вченого завжди продовжується у підсвідомості, внаслідок чого можуть бути вирішені найскладніші завдання, причому сам процес обробки інформації при цьому не усвідомлюється. У свідомості відображається лише результат (якщо він одержаний). Тому досліднику іноді здається, що на нього послано осяяння, що вдала думка прийшла невідомо звідки. Можна констатувати, що людина використовує це явище кожного разу, коли вона відкладає яку-небудь справу, щоб дати думкам дозріти таким чином, розраховує на роботу своєї підсвідомості.

Однією з проблем творчості є його мотиваційна структура. Мотивації (спонуки) пов'язані з потребами, що діляться на три групи: біологічні, соціальні й ідеальні (пізнавальні). Біологічні потреби (наприклад, принцип економії сил) лежать в основі житейської винахідливості й вдосконаленні навиків. Серед соціальних потреб мотивами до творчості можуть бути прагнення до матеріальної винагороди, до шани й пошани в суспільстві. Ідеальні - складають потреби пізнання в найширшому значенні. Вони ведуть своє походження від потреби в інформації, спочатку властивій всьому живому, разом з потребою в притоці речовини й енергії. Задоволення будь-якої потреби вимагає інформації про шляхи й способи досягнення мети. Але існує потреба в інформації і як прагнення до нового, раніше не відомого. Найважливішим для творчості видом мислення є уява. Творчій уяві, фантазії належить вирішальна роль у створенні нового й розвитку суспільства. Ця здатність повинна постійно розвиватися, стимулюватися й тренуватися. Розрізняють три

типи уяви: логічна (виводить майбутнє з теперішнього часу шляхом логічних перетворень); критична (шукає, що саме в сучасній системі недосконале, й потребує зміни); творча (народжує принципово нові ідеї і уявлення, що спираються на елементи дійсності, але не мають поки прообразів у реальному світі).

Активізація творчого мислення припускає знання чинників, що негативно впливають на нього. До числа таких чинників відносяться відсутність гнучкості мислення, сила звички, вузькопрактичний підхід, надмірна спеціалізація, вплив авторитетів, боязнь критики, страх перед невдачею, занадто висока самокритичність, лінь.

Протилежністю творчої уяви є психологічна інерція мислення, пов'язана з прагненням діяти відповідно до минулого досвіду й знань, з використанням стандартних методів і т.д.

У зв'язку з цим необхідно формулювати технічні завдання так, щоб виключити можливість психологічної інерції та її негативного впливу на творчість, прагнути всебічно розвивати творчу уяву.

Суперечності в технічних системах надзвичайно різноманітні формою й проявам, мають скороминущий історичний характер, взаємозв'язані й взаємообумовлені. У процесі вирішення науково-технічних завдань послідовно виявляються спочатку зовнішні, а потім внутрішні суперечності на рівні, що все більше заглиблюється. Зовнішні суперечності передують науково-технічному завданню і створюють мотиви для її виявлення й вирішення. Серед внутрішніх суперечностей (суперечностей самої структури системи) виділяють основні й головні технічні й фізичні суперечності.

Технічні суперечності виникають між елементами системи і їх частинами, між технічними параметрами і властивостями. Вони полягають в тому, що, наприклад, збільшення потужності корисного агрегату може викликати неприпустиме погіршення екологічної обстановки або необхідне підвищення міцності викликає неприпустиме збільшення маси конструкції і т.д.

Фізичні суперечності полягають в наявності біля одного й того ж елемента системи (її уявної моделі) взаємопротилежних фізичних властивостей або

функцій. Наприклад, елемент електричної схеми повинен, бути провідником, щоб виконувалася одна дія, і одночасно діелектриком, щоб виконувала інша. Ця суперечність дозволяє інший елемент - діод.

Шлях до вирішення завдання, до створення якісно нової технічної системи, лежить через виявлення все більш глибоких суперечностей і знаходження способів їх вирішення. У цьому полягає один з проявів закону переходу кількісних змін в якісні. У той же час нова технічна система є органічним синтезом нових і деяких елементів колишніх рішень в новому цілому, демонструючи тим самим дію закону заперечення як фундаментального принципу діалектики, що визначає всякий розвиток.

## **ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **ЗАВДАННЯ І МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ**

**Метою теоретичних досліджень** є виділення у процесі синтезу знань істотних зв'язків між досліджуваним об'єктом і навколишнім середовищем, пояснення й узагальнення результатів емпіричного дослідження, виявлення загальних закономірностей і їх формалізація.

Теоретичне дослідження завершується формуванням теорії, не обов'язково пов'язаної з побудовою її математичного апарату. Теорія проходить у своєму розвитку різні стадії від якісного пояснення й кількісного вимірювання процесів до їх формалізації і залежно від стадії може бути представлена як у вигляді якісних правил, так і у вигляді математичних рівнянь (співвідношень).

**Завданнями теоретичного дослідження** є: узагальнення результатів дослідження, знаходження загальних закономірностей шляхом обробки і інтерпретації дослідних даних; поширення результатів дослідження на ряд подібних об'єктів без повторення всього обсягу досліджень; вивчення об'єкта, неприступного для безпосереднього дослідження; підвищення надійності експериментального дослідження об'єкта (обґрунтування параметрів і умов нагляду, точності вимірювань). При проведенні теоретичних досліджень, заснованих на загально-

наукових методах аналізу й синтезу, широко використовують розчленування й об'єднання елементів досліджуваної системи (об'єкта, явища).

**Метод розчленування** запропонував французький філософ і природодослідник Р. Декарт. У своїй роботі «Правила для керівництва розуму» він пише: «Звільніть питання від всіх зайвих уявлень і зведіть його до найпростіших елементів». У процесі розчленування виділяють істотні й неістотні параметри, основні елементи й зв'язки між ними. Слід, проте, зазначити, що кожен об'єкт можна розчленувати різними способами і це істотно вплине на проведення теоретичних досліджень, оскільки залежно від способу розчленування процес вивчення об'єкта може спроститися або при неправильному розчленуванні, навпаки, ускладнитися. Після розчленування об'єкта вивчають вид взаємозв'язку елементів і здійснюють моделювання цих елементів. Нарешті, елементи об'єднують у складну модель об'єкта.

На всіх етапах побудови моделі об'єкта здійснюють його спрощення і вводять певні допущення. Останні повинні бути усвідомленими й обґрунтованими. Невірні допущення можуть приводити до серйозних помилок при формулюванні теоретичних висновків. При побудові моделей об'єкта дослідження треба використовувати самі загальні принципи й закономірності. Це дозволяє врахувати всі допущення, прийняті при отриманні формалізованих теорій, і точно визначати область їх вживання.

Протилежним розчленуванню є метод об'єднання й пов'язаний з ним комплексний підхід до вивчення об'єкта, які частіше за все об'єднуються під назвою «загальна теорія систем» або «системологія».

Загальна теорія систем виникла на основі вивчення деяких біологічних об'єктів і явищ і була вперше сформульована Л. Берталанфі.

З часом у структурі загальної теорії систем виділили два напрями. Мета першого напрямку - розвиток ОТС як деякої філософської концепції, що включає такі поняття, як принцип системності, системний підхід, системний аналіз і т.д.

В іншому напрямі загальна теорія систем є деяким математичним апаратом, що претендує на строгий опис закономірностей формування розвитку будь-яких систем.

ОТС базується на трьох постулатах. Перший постулат стверджує, що функціонування систем будь-якої природи може бути описано на основі розгляду формальних структурно-функціональних зв'язків між окремими елементами систем. Вплив матеріалу, з якого складаються елементи систем, виявляється у формальних характеристиках системи (її структурі, динаміці і т.д.). Другий постулат полягає в тому, що організація системи може бути визначена на основі дослідів, проведених ззовні за допомогою фіксації полягань тільки тих елементів системи, що безпосередньо взаємодіють з її оточенням. Третій постулат полягає в тому, що організація системи повністю визначає її функціонування й характер взаємодії з навколишнім середовищем. Ці постулати дають можливість визначити організацію системи, виходячи з характеристик взаємодії із зовнішнім середовищем і характеристики взаємодії, виходячи з організації системи.

Вимога вивчати об'єкт у всіх його зв'язках одержала в загальній теорії систем свій подальший розвиток у формі ряду принципів: системності (цілісне представлення об'єктів); релятивності системи (будь-яку безліч предметів можна розглядати як систему і як несистему); універсальності системи. Цей принцип направлений проти абсолютизації окремих систем і способів їх утворення, тобто будь-яку безліч можна розглядати як систему і як несистему в певних аспектах і фіксованих умовах.

Теоретичні дослідження включають: аналіз фізичної природи процесів, явищ; формулювання гіпотези дослідження; побудова (розробка) фізичної моделі; проведення математичного дослідження; аналіз теоретичних рішень; формулювання висновків. Якщо не вдається виконати математичне дослідження, то формулюють робочу гіпотезу в словесній формі із залученням графіків, таблиць та ін. У технічних науках необхідно прагнути вживати математичну формалізацію висунутих гіпотез і висновків.

У процесі теоретичних досліджень доводиться безперервно ставити й вирішувати різноманітні за типами й складності завдання у формі суперечностей теоретичних моделей, що вимагають дозволу. (В логічно-психологічному аспекті завдання - це непогоджені або суперечливі інформаційні процеси (системи), співвідношення між якими викликає потребу в їх перетворенні. У процесі вирішення завдання суперечності між вказаними інформаційними процесами або системами усуваються. Структурно будь-яке завдання включає умови й вимоги. Умови - це визначення інформаційної системи, з якої виходять при вирішенні завдання. Вимоги - це мета, до якої потрібно прагнути. Умови й вимоги можуть бути початковими, залученими й шуканими. Початкові умови даються в первинному формулюванні завдання (початкові дані). Якщо їх виявляється недостатньо для вирішення завдання, то дослідник вимушений залучати нові дані, так звані залучені. Шукані дані або шукані умови - це залучені умови, які треба відшукати в процесі вирішення завдання.

Умови й вимоги завдання знаходяться в суперечності, вони неодноразово стикаються, зіставляються, зближуються між собою. Таке перетворення структурних компонентів завдання продовжується до тих пір, поки не буде вирішене саме завдання.

Процес проведення теоретичних досліджень складається з декількох стадій. Оперативна стадія включає перевірку можливості усунення технічної суперечності, оцінку можливих змін в середовищі, що оточує об'єкт, аналіз можливості перенесення вирішення завдання з інших галузей знання (відповіді на запитання: «Як розв'язуються в інших галузях знань завдання, подібні до даного?»), вживання «зворотного» вирішення (відповіді на запитання: «Як розв'язують завдання, зворотні до даного, і чи не можна використовувати ці рішення, взявши їх із знаком мінус?») або використання «прообразів» природи (відповіді на запитання: «Як розв'язуються у природі більш – менш подібні завдання?»). Друга стадія дослідження є синтетичною, в процесі якої визначають вплив зміни однієї частини об'єкта на побудову інших його частин, визначають необхідні зміни інших об'єк-



тів, що працюють разом з даним, оцінюється можливість вживання зміненого об'єкта по новому, і знайденої технічної ідеї при вирішенні інших завдань.

Виконання названих попередніх стадій дає можливість приступити до стадії постановки завдання, в процесі якої визначають кінцеву мету вирішення завдання, перевіряють можливість досягнення цієї ж мети вирішення завдання «обхідними» (можливо, більш простими) засобами, вибирають найефективніший шлях вирішення завдання і визначають необхідні кількісні показники. У зв'язку з цим при необхідності уточнюють вимоги стосовно конкретних умов практичної реалізації одержаного вирішення завдання.

Аналітична стадія включає визначення ідеального кінцевого результату (відповісти на запитання: «Що бажано одержати в найідеальнішому випадку?»), виявляють перешкоди, що заважають отриманню ідеального результату, їх причини, визначають умови, що забезпечують отримання ідеального результату з метою знайти, за яких умов зникне «перешкода».

Постановка завдання є найскладнішою частиною його вирішення. Вміння побачити приховане основне завдання на самому початку вирішення, а отже, уміння поставити завдання, виділити його з величезної маси оточуючих обставин і, нарешті, дістатися до його завуальованої суті - запорука успіху в досягненні поставленої мети. Чим швидше завдання ставлять, тим швидше воно приходить до вирішення. Все це вказує на те, що чітке формулювання основного відношення завдання — найважливіший етап його вирішення. Слід при цьому мати на увазі, що перетворення на початку розпливчастого формулювання завдання в чітке, визначене (переформулювання) часто полегшує його вирішення.

Вирішення теоретичних завдань повинно мати творчий характер. Творчі рішення часто не укладаються в наперед намічені плани. Іноді оригінальні рішення з'являються «раптово», після, здавалося б, тривалих і безплідних спроб. Часто вдалі рішення виникають у фахівців суміжних областей знання, на яких не тисне вантаж відомих рішень. Творчі рішення представляють, по суті, розрив звичних уявлень і поглядів на явища з іншої точки зору. Слід особливо підкреслити, що власні творчі думки (оригінальні рішення) виникають тим часті-

ше, чим більше сил, праці, часу затрачується на постійне міркування про шляхів вирішення теоретичного завдання, тим глибше науковець захоплений дослідницькою роботою.

При розробці теорії разом з вищевикладеними, методами використовують ще інші. Чималу роль при створенні будь-яких теорій відіграють, наприклад, логічні методи й правила, що мають нормативний характер. До числа таких правил відносять правила висновку, утворення складних понять з простих, встановлення істинності складних висловів і т.д. Спеціальними принципами побудови теорій служать також принципи формування аксіоматичних теорій, критерії несуперечності, повноти й незалежності систем аксіом і гіпотез та ін.

**Теоретичні дослідження** відіграють велику роль у процесі пізнання об'єктивної дійсності, оскільки вони дозволяють глибоко проникнути в суть природних явищ, створювати постійно наукову картину світу, що розвивається. Теоретичне дослідження є функцією мислення, яка полягає в тому, щоб відкривати, перевіряти, частково освоювати різні області природи, створювати й розвивати світогляд. У цьому процесі пізнання природа розкривається все більш повно, але з кожною новою підтвердженою гіпотезою виникає все більше проблем. Таким чином, із зростанням об'єктивних знань одночасно збільшується і область відкритих питань, що підлягають вирішенню, оскільки кожна знайдена відповідь тільки наближає до пізнання абсолютної істини, але не може досягти її.

**Використання математичних методів у дослідженнях.** Вирішення практичних завдань математичними методами здійснюють шляхом математичного формулювання завдання (розробки математичної моделі), вибору методу проведення дослідження одержаної математичної моделі, аналізу одержаного математичного результату.

Математичне формулювання задачі звичайно подають у вигляді чисел, геометричних образів, функцій, систем рівнянь і т.п. Опис об'єкта (явища) може бути представлений за допомогою безперервної або дискретної, детермінованої або стохастичної та іншими математичними формами.

Математична модель є системою математичних співвідношень - формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь, що описують ті або інші сторони об'єкта, які вивчаються, явища, процесу.

Першим етапом математичного моделювання є постановка завдання, визначення об'єкта й мети дослідження, завдання критеріїв (ознак) вивчення об'єктів і керування ними. Неправильна або неповна постановка завдання може звести нанівець результати всіх подальших етапів.

Вельми важливим на цьому етапі є встановлення меж області впливу об'єкта, який вивчають. Межі області впливу об'єкта визначаються областю значущої взаємодії із зовнішніми об'єктами. Дана область може бути визначена на основі наступних ознак: межі області охоплюють ті елементи, дія яких на досліджуваний об'єкт не дорівнює нулю; за цими межами дія досліджуваного об'єкта на зовнішні об'єкти прагне до нуля. Облік області впливу об'єкта при математичному моделюванні дозволяє включити в цю модель усі істотні чинники й розглядати модельовану систему як замкнуту, тобто, з відомим ступенем наближення, незалежну від зовнішнього середовища. Останнє значно спрощує математичне дослідження.

Наступним етапом моделювання є вибір типу математичної моделі. Це є найважливішим моментом, що визначає напрям усього дослідження. Звичайно послідовно будують декілька моделей. Порівняння результатів їх дослідження з реальністю дозволяє встановити якнайкращу з них.

На етапі вибору типу математичної моделі за допомогою аналізу даних пошукового експерименту встановлюють лінійність або нелінійність, динамічність або статичність, стаціонарність або нестаціонарність, а також ступінь детермінованості досліджуваного об'єкта або процесу.

Лінійність встановлюють за характером статичної характеристики досліджуваного об'єкта. Під статичною характеристикою об'єкта розуміють зв'язок між величиною зовнішньої дії на об'єкт (величиною вхідного сигналу) і максимальною величиною його реакції на зовнішню дію (максимальною амплітудою вихідної характеристики системи). Під вихідною характеристикою системи ро-

зуміють зміну вихідного сигналу системи в часі. Якщо статична характеристика досліджуваного об'єкта виявляється лінійною, то моделювання цього об'єкта здійснюють з використанням лінійних функцій. Нелінійність статичної характеристики й наявність запізнювання в реагуванні об'єкта на зовнішню дію є яскравими ознаками нелінійності об'єкта. У цьому випадку для його моделювання повинна бути прийнята нелінійна математична модель.

Вживання лінійної математичної моделі значно спрощує її подальший аналіз, оскільки така модель дозволяє користуватися принципом суперпозиції. Цей принцип стверджує, що коли на лінійну систему впливають декілька вхідних сигналів, то кожний з них фільтрується системою так, як ніби ніякі інші сигнали на неї не діють. Загальний вихідний сигнал лінійної системи за принципом суперпозиції утворюється в результаті підсумовування її реакції на кожний вхідний сигнал.

Встановлення динамічності або статичності здійснюють за поведінкою досліджуваних показників об'єкта в часі. Стосовно детермінованої системи можна говорити про статичність або динамічність за характером її вихідної характеристики. Якщо середнє арифметичне значення вихідного сигналу на різних відрізках часу не виходить за допустимі межі, визначені точністю методики вимірювання досліджуваного показника, то це свідчить про статичність об'єкта. Стосовно систем вірогідності їх статичність встановлюється за мінливістю рівня її відносно організації. Якщо мінливість цього рівня не перевищує допустимі межі, то система визначається як статична.

Важливим є вибір відрізків часу, на яких встановлюється статичність або динамічність об'єкта. Якщо об'єкт на малих відрізках часу виявився статичним, то при збільшенні цих відрізків результат не зміниться. Якщо ж статичність встановлена для крупних відрізків часу, то при їх зменшенні результат може змінитися і статичність об'єкта може перейти в динамічність.

При виборі типу (класу) моделі об'єкта вірогідності важливе встановлення його стаціонарності. Звично про стаціонарність або нестаціонарність об'єктів вірогідності судять по зміні в часі параметрів законів розподілу випадкових величин. Частіш за все для цього використовують середнє арифметичне випадко-

вої величини  $M(t)$  і середнє квадратичне відхилення випадкових величин  $a_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) від середнього арифметичного й середнього квадратичного відхилення в часі.

Встановлення загальних характеристик об'єкта дозволяє вибрати математичний апарат, на базі якого будують математичну модель. Так, для детермінованих об'єктів можна використовувати апарат лінійної і нелінійної алгебри теорію диференціальних і інтегральних рівнянь, теорію автоматичного регулювання.

Адекватним математичним апаратом для моделювання об'єктів вірогідності є теорія детермінованих і випадкових автоматів з детермінованими й випадковими середовищами, теорія випадкових процесів, теорія марківських процесів, евристичне програмування, методи теорії інформації, методи теорії керування і оптимальні моделі.

При описі квазидетермінованих об'єктів можна використовувати теорію диференціальних рівнянь з коефіцієнтами, що підкоряються певним законам.

Мета й задачі, що ставлять при математичному моделюванні, грають важливу роль при виборі типу (класу) моделі. Практичні завдання вимагають простого математичного апарату, а фундаментальні - складнішого, допускають проходження ієрархії математичних моделей, починаючи від чисто функціональних і закінчуючи моделями, що використовують твердо встановлені закономірності і структурні параметри.

Не менший вплив на вибір моделі надає аналіз інформаційного масиву, одержаного як результат аналітичного огляду результатів досліджень інших авторів або пошукового експерименту. Розподіл масиву на залежні й незалежні чинники, на вхідні й вихідні змінні, попередній пошук взаємозв'язку між різними даними вибірки дозволяє визначити адекватний математичний апарат.

Аналіз інформаційного масиву дозволяє встановити безперервність або дискретність досліджуваного показника й об'єкта в цілому.

У безперервних об'єктах усі сигнали є безперервними функціями часу. В дискретних об'єктах усі сигнали квантуються за часом у амплітуді. Якщо сиг-

нали квантуються тільки за часом, тобто представляються у вигляді імпульсів з рівною амплітудою, то такі об'єкти називають дискретно-безперервними.

Встановлення безперервності об'єкта дозволяє використовувати для його моделювання диференціальні рівняння. У свою чергу, дискретність об'єкта дає можливість використання для математичного моделювання апарату теорії автоматів.

Окрім вищевикладеного на встановлення типу (класу) математичної моделі може мати істотний вплив необхідність певного відображення гіпотези. Облік мети й завдання математичного моделювання, характеру гіпотези й аналізу інформаційного масиву дозволяють конкретизувати модель, тобто у вибраному типі (класі) моделей визначати їх вигляд. Вибір виду математичної моделі в даному класі є третім етапом математичного моделювання. Даний етап пов'язаний із завданням областей визначення досліджуваних параметрів об'єкта, тобто значення, що є допустимими, і встановленням залежностей між ними. Для кількісних (числових) параметрів залежності задають у вигляді систем рівнянь (алгебраїчних або диференціальних), для якісних – використовують табличні способи завдання функцій.

Якщо параметри описуються суперечливими залежностями, то визначають їх вагові коефіцієнти, виражені в частках одиниці, балах. Тим самим суперечливі залежності переводять у вірогідність.

Для опису складних об'єктів з великою кількістю параметрів можливе розбиття об'єкта на елементи (підсистеми), встановлення ієрархії елементів і опис зв'язків між ними на різних рівнях ієрархії.

Особливе місце на етапі вибору виду математичної моделі займає опис перетворення вхідних сигналів у вихідні характеристики об'єкта.

Якщо на попередньому етапі було встановлено, що об'єкт є статичним, то побудову функціональної моделі здійснюють за допомогою алгебраїчних рівнянь. При цьому окрім найпростіших алгебраїчних залежностей використовують регресійні моделі й системи алгебраїчних рівнянь.

Якщо наперед відомий характер зміни досліджуваного показника, то число можливих структур алгебраїчних моделей різко скорочується і перевага віддається тій структурі, яка виражає саму загальну закономірність або загальновідомий закон. Якщо характер зміни досліджуваного показника наперед невідомий, то здійснюють пошуковий експеримент. Перевагу віддають тій математичній формулі, що дає найкращий збіг з даними пошукового експерименту. Результати пошукового експерименту й апріорний інформаційний масив дозволяють встановити схему взаємодії об'єкта із зовнішнім середовищем за співвідношенням вхідних і вихідних величин.

В принципі можливе встановлення чотирьох схем взаємодії:

одновимірно – одновимірна схема – на об'єкт впливає тільки один чинник, а його поведінку розглядають за одним показником (один вихідний сигнал);

одновимірно – багатовимірна схема – на об'єкт впливає один чинник, а його поведінку оцінюють за багатьма показниками;

багатовимірно – одновимірна схема – на об'єкт впливає декілька чинників, а його поведінку оцінюють за одним показником;

багатовимірно – багатовимірна схема – на об'єкт впливає безліч чинників і його поведінку оцінюють за безліччю показників.

Вибір виду моделі динамічного об'єкта зводять до складання диференціальних рівнянь. Модель динамічного об'єкта може бути побудована і в класі алгебраїчної функції. Проте такий підхід є обмеженим, оскільки не дозволяє в математичному описі врахувати вплив вхідних дій на динаміку виходу без істотної перебудови самих алгебраїчних функцій (структури й коефіцієнтів).

За повною моделі віддають перевагу математичним моделям, побудованим в класі диференціальних рівнянь. Якщо змінні, що цікавлять дослідника, є тільки функціями часу, то для моделювання використовують звичайні диференціальні рівняння. Якщо ж ці змінні є також функціями просторових координат, то для опису таких об'єктів недостатньо звичайних і слід користуватися складнішими диференціальними рівняннями в приватних похідних.

Методологія моделювання динамічних систем в класі диференціальних рівнянь істотно залежить від схеми взаємодії об'єкта з середовищем і ступеня знання входу і виходу об'єкта.

Процес вибору математичної моделі об'єкта закінчується її попереднім контролем. При цьому здійснюють наступні види контролю: розміру; порядків; характеру залежностей; екстремальних ситуацій; граничних умов; математичної замкнутості; фізичного значення; стійкості моделі.

**Аналітичні методи.** Другим етапом вирішення практичних завдань математичними методами є вибір методу дослідження моделі. Вибір методу дослідження математичної моделі безпосередньо пов'язаний з такими поняттями, як зовнішня і внутрішня правдоподібність дослідження.

Під зовнішньою правдоподібністю дослідження розуміють очікуваний ступінь адекватності математичної моделі реальному об'єкту за властивостями, що цікавлять дослідника.

Під внутрішньою правдоподібністю дослідження розуміють очікуваний ступінь точності вирішення одержаних рівнянь, що прийняті за математичну модель об'єкта.

Якщо вид моделі вже вибрано, то зовнішню правдоподібність моделі вважають фіксованою й вибір методу дослідження цілком визначається необхідним ступенем внутрішньої правдоподібності.

У переважній більшості випадків при виборі методу дослідження керуються принципом відповідності зовнішньої і внутрішньої правдоподібності, аналогічним відомому правилу наближених обчислень: ступінь точності обчислень повинен відповідати ступеню точності початкових, даних. Проте залежно від умов і завдань дослідження можливі відхилення від цього принципу. Перерахуємо деякі з них:

- 1) якщо йдеться про розробку нового єдиного методу досліджень, який передбачає застосування до широкого, попередню не фіксованого класу моделей, то потрібно прагнути максимальної внутрішньої правдоподібності дослідження незалежно від рівня зовнішньої правдоподібності;



2) якщо здійснюють перевірку зовнішньої правдоподібності моделі, то внутрішня правдоподібність вибраного методу перевірки повинна бути максимальною;

3) якщо модель настільки проста, що для неї легко одержати точне рішення, то штучно знижувати строгість вирішення безглуздо.

В інших випадках перевагу віддають «принципу рівної правдоподібності».

Вибір методу дослідження тим ефективніше, чим більше є відомостей про кінцеве вирішення завдання. Такі відомості можуть бути одержані шляхом дослідження моделі або її елементів.

У процесі дослідження здійснюють порівняння величин окремих членів рівнянь у діапазоні зміни змінних і параметрів завдання, яке вирішують. Відносно малі доданки відкидають, нелінійні залежності заміняють на лінійні. Деякі з компонентів моделі апроксимуються грубими рівняннями. Все це дозволяє швидко одержати грубе вирішення завдання.

Знання, хоча б найгрубіше, якісних і кількісних характеристик шуканого вирішення допомагає при виборі точності методу дослідження. Іноді навіть грубе вирішення виявляється достатнім. Як приклад можна навести завдання про пошук експериментального значення функції. Якщо точка екстремуму є стаціонарною, то навіть груба помилка в її відшуканні мало позначиться на підрахунку цього значення. Тому вживання високоточних методів пошуку такого екстремуму не раціональне. Громіздкі точні обчислення в цьому випадку створюють лише ілюзію точності. В разі вживання грубої математичної моделі не слід застосовувати громіздкі обчислювальні методи.

Вибір методу дослідження математичної моделі багато в чому обумовлений її виглядом.

Статичні системи, представлені за допомогою алгебраїчних рівнянь, досліджують за допомогою визначників, методу ітерацій, методів Крамера і Гаусса. У разі утруднень з аналітичними вирішеннями використовують наближені методи: графічний метод; метод хорд; метод дотичних; метод ітерацій. В останньому випадку, який вимагає контролю точності (числа значущих цифр) залежно від грубості

обчислювального методу, доцільне вживання ПК. Дослідження динамічних режимів функціонування об'єкта, представлених у класі диференціальних рівнянь, також зумовлюється класом, до якого відноситься вирішуване рівняння.

Якщо в результаті вирішення алгебраїчних рівнянь виходять числа, то при вирішенні диференціальних рівнянь виходять функції.

Для вирішення диференціальних рівнянь широко використовуються метод розділення змінних, метод підстановки, метод інтегруючого множника, метод якісного аналізу і т.п. Для отримання наближених рішень використовують метод послідовних наближень, метод функціональних рядів, метод Рунге - Кутта, чисельні методи інтеграції і т.п.

Вирішення рівняння аналітичними методами є надзвичайно складним і звичайно в літературі не наводиться. Для практичного використання воно може бути вирішено з допомогою ПК.

**Імовірісно-статистичні методи.** У багатьох випадках необхідно досліджувати не тільки детерміновані, але й випадкові, вірогідні (стохастичні) процеси. Звичайно технологічні процеси виконують в умовах безперервно змінної обстановки: вимушені простої машин; нерівномірна робота транспорту; безперервна зміна зовнішніх (наприклад, метеорологічних) чинників і т.д. Ті або інші події можуть відбутися або не відбутися, в зв'язку з цим доводиться аналізувати випадкові, вірогідні або стохастичні зв'язки, в яких кожному аргументу відповідає безліч значень функції. Досліди показали, що, не зважаючи на випадковий характер зв'язку, розсіювання має цілком певні закономірності. Для таких статистичних законів теорія вірогідності дозволяє представити результат не однієї якої-небудь події, а середній результат випадкових подій і тим точніше, чим більше число аналізованих явищ. Це пов'язано з тим, що не зважаючи на випадковий характер подій, вони підкоряються певним закономірностям, що розглядаються в теорії вірогідності.

**Теорія вірогідності** вивчає випадкові події і базується на наступних показниках. Сукупність безлічі однорідних подій випадкової величини  $x$  складає первинний статистичний матеріал. Сукупність, що містить самі різні варіанти

масового явища, називають **генеральною сукупністю або великою вибіркою N**. Звичайно вивчають лише частину генеральної сукупності, так звану вибіркo-ву сукупність або малу вибірку.

Теорія вірогідності розглядає теоретичні розподіли випадкових величин і їх характеристики. Математична статистика займається способами обробки й аналізу емпіричних подій. Ці два споріднені науки складають єдину математичну теорію масових випадкових процесів, широко вживану в наукових дослідженнях

Методи теорії вірогідності й математичної статистики часто застосовують в теорії надійності, яку використовують в різних галузях науки й техніки. Під **надійністю** розуміють властивість виробу (об'єкта) виконувати задані функції (зберігати встановлені експлуатаційні показники) протягом необхідного періоду часу. Забезпечення надійності (виключення відмов, порушень працездатності) продукції стало одним з основних народногосподарських завдань. У теорії надійності відмови розглядають як випадкові події. Для кількісного опису відмов застосовують математичні моделі - функції розподілу вірогідності інтервалів часу. Найбільш часто застосовують закони нормального й експоненціального розподілу, закон Вейбулла та ін.

Основним завданням теорії надійності є прогнозування (прогноз з тією або іншою вірогідністю) різних показників безвідмовної роботи (довговічності, терміну служби і т.д.), що пов'язані із знаходженням вірогідності.

Для дослідження складних процесів характеру вірогідності застосовують **метод Монте-Карло**, за допомогою якого відшуковують найкращі вирішення безлічі даних варіантів. Цей метод статистичного моделювання або статистичних випробувань заснований на використанні випадкових чисел, що моделюють процеси вірогідності. Результати вирішення методу дозволяють встановити емпіричні залежності досліджуваних процесів. Математичною основою методу є закон великих чисел, розроблений П. Л. Чебишевим, який формулюється так: при великому числі статистичних випробувань вірогідність того, що середньоарифметичне значення випадкової величини прагне її математичного очікування, дорівнює 1.

Послідовність вирішення завдань методом Монте-Карло зводиться до збору, обробки й аналізу статистичних даних досліджуваного процесу: відбору головних, відкиданню другорядних чинників і складанню адекватної математичної моделі (рівнянь, графіків, циклограм і т.д.); складанню алгоритмів і вирішенню завдання на ЕОМ.

Вище сказано про особливості лише деяких математичних методів теоретичних досліджень. Детальне їх вивчення й отримання практичного досвіду вживання можливе шляхом ознайомлення із спеціальною літературою залежно від профілю дослідження.

## **МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОВІЙ І ТЕХНІЧНІЙ ТВОРЧОСТІ**

Методи теорії подібності й моделювання широко застосовують в різних наукових дослідженнях. Моделювання можна визначити як метод практичного або теоретичного опосередкованого оперування об'єктом. При цьому досліджують не сам об'єкт, а проміжний допоміжний, що знаходиться в деякій об'єктивній відповідності з самим пізнаваним об'єктом і здатний на окремих етапах пізнання представляти в певних відносинах об'єкт, якій вивчається, а також давати при дослідженні моделі інформацію про об'єкт.

Моделювання допомагає при розкритті якісних і кількісних властивостей явищ однакової фізичної природи і явищ, різнорідних за своїм фізичним станом. У природі внаслідок її матеріальної єдності є деякі загальні співвідношення й найпростіші форми, що дозволяють робити широкі практичні узагальнення, в ряді випадків відволікаючись у процесі пізнання від деталей явищ, що відбуваються. Таким чином, при моделюванні завжди повинні бути присутні деякі співвідношення, що встановлюють умови переходу від моделі до досліджуваного об'єкта (оригіналу). Такі співвідношення мають назву масштабів. Моделювання включає наукові дослідження, направлені на вирішення як загальнофілософських і загальнонаукових проблем, так і на вирішення конкретних науково-технічних завдань, де моделювання виступає як інструмент дослідження.

Прийоми аналізу й апарат вирішення при цьому різні, але метод однаково вимагає встановлення критеріїв подібності.

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

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

**Повна подібність** – подібність тих процесів, що протікають у часі й просторі, які достатньо повно з метою даного дослідження визначають явище, що вивчається. Наприклад, можна вважати, що синхронний генератор має повну електромеханічну подібність іншому генератору, якщо всі процеси змін струмів, напруг, обертаючих моментів на валу, зміна в часі й просторі розподілу магнітних і електричних полів відрізняються в цих генераторах тільки масштабами. При цьому нагріваючі або механічні напруги в окремих деталях генератора можуть бути неподібними, оскільки вони не роблять істотного впливу на досліджувані електромеханічні явища. Проте вони можуть бути істотними при дослідженні тепломеханічних процесів і т.д.

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

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

З погляду адекватності фізичної природи моделі й оригіналу моделювання може бути фізичне, здійснюване при однаковій фізичній природі явищ, що вивчаються; аналогове, що вимагає відповідності в тому або іншому значенні параметрів порівнюваних процесів. Наприклад, однакової форми рівнянь, що описують фізично різні явища: математичне, що передбачає формальні перетворення рівнянь, що полегшують їх вирішення. Так, якщо диференціальне рівняння (А), що описує фізичний процес, перетворено в рівняння (В), то, встановивши відповідні функціональні зв'язки, можна розглядати А і В як подібні

процеси. Умови нелінійної подібності можуть бути знайдені для систем, параметри яких залежать від параметрів режиму.

**Теореми про подібність.** Всі перераховані вище види подібності підкоряються деяким загальним закономірностям, які прийнято називати теоремами подібності. Цих теорем три.

**Перша теорема подібності.** Біля явищ, подібних у тому або іншому значенні (фізично, математично і т.д.), можна знайти певні поєднання параметрів, звані критеріями подібності, що мають однакові значення. Слід зазначити, що справедливе й зворотнє положення: якщо критерії подібності чисельно однакові, то і явища подібні.

Перша теорема про подібність справедлива і в складніших випадках, коли рівняння процесів на перший погляд неоднакові, але введення змінних масштабів параметрів часу або простору дає можливість встановити відповідність між оригіналом і моделлю. Можливі, наприклад, два випадки подібності: звичне геометричне, коли куб перетвориться в подібний куб (іншого розміру), і так зване афінне, коли куб перетвориться в паралелепіпед. Можуть реалізовуватися й складніші перетворення, наприклад, коли кулю (глобус) представляють у вигляді площинної моделі (карти); це - конформне перетворення.

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

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

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

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

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

**Квазіаналогові моделі й електронні моделі** займаються синтезом ланцюгів, що є моделями різних об'єктів, мають особливо велике значення в даний час при вирішенні завдань, яке виникають при проектуванні й експлуатації великих систем технічного призначення.

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

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

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

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

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

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



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

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

середнього зв'язку теорії і досвіду, як інструмент перевірки практикою створюваних теорій і розрахунків методу, як засіб прискорення випробування надійності, перевірки знову сконструйованої апаратури.

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

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

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

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

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

**Фізична подібність і моделювання.** Поставлене завдання може бути здійснене: 1) при натурному моделюванні, коли в об'єкт, що підлягає дослідженню, не вносять змін і не створюють спеціальних установок (виробничий експеримент); при моделюванні, здійснюваному шляхом узагальнення відомос-

тей про явища або окремі процеси, що відбуваються в натурі, і т.д.; 2) на спеціальних моделях і стендах.

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

Для проведення такого дослідження необхідно створити модель, що має параметри, при яких критерії подібності моделі однакові з відповідними критеріями подібності оригіналу. Можливі також випадки, коли модель спеціально не споруджують, а замість неї застосовують які-небудь відповідні установки, що забезпечують при експерименті отримання процесів, «близьких до оригінальних». Потім вибирають найістотніші для даного процесу критерії подібності, для чого заздалегідь оцінюють параметри, що входять в ці критерії.

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

### **Аналогова подібність та моделювання**

Якщо явища у двох зіставлюваних системах, що мають різну фізичну природу, але деякі важливі для даного дослідження процеси, що відбуваються у двох системах, описуються формально однаковими диференціальними рівнян-

нями, то можна сказати, що одна система є **прямою моделлю-аналогом** іншої. Структурне моделювання є різновидом аналогового моделювання, при якому диференціальні рівняння, що описують фізичний процес, представляються окремими елементами. Застосування прямих моделей-аналогів обмежене, оскільки не для всіх завдань можна виявити аналогію і підібрати модель. Щодо цього структурні моделі, що поелементно моделюють окремі математичні операції, більш універсальні й забезпечують більшу точність.

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

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

Застосування цифрових ЕОМ для моделювання різних процесів йде у двох основних напрямках. Перший — це моделювання у реальному часі процесів, які відбуваються. При цьому дані для обчислень надходять до комп'ютера безпосередньо від досліджуваної системи. Такий режим моделювання застосовується для вивчення тих систем, якими необхідно керувати. До другого напрямку відносяться моделі, для яких немає необхідності в проведенні моделювання процесу в реальному часі, вивчення цих процесів можна прискорити або провести в зручний час. Прикладом таких моделей є завдання проектування, планування та прогнозування. Аналогічні завдання виникають і при більших кількостях рівнянь, що відповідають, наприклад, моделі розвитку великої системи. Тут також потрібне швидкодія ЕОМ для того, щоб в доступний для огляду термін вирішувати поставлені завдання.

ЕОМ не є моделюючим пристроєм якого-небудь конкретного процесу в тому розумінні, який звичайно на основі наших звичних подань вкладається в

поняття моделі. Одержуючи дані для аналізу, ЕОМ обчислює яку-небудь функцію, переробляє, зберігає й видає інформацію.

Алгоритми, що переробляють інформацію, повинні мати спільність характеру, тобто відбивати хід рішення не якого-небудь окремого завдання, а цілого класу узагальнених подібних завдань. Їхня спільність може бути виявлена методами теорії подібності та запис алгоритмів проведений у критеріях подібності; Алгоритми повинні мати чіткість і однозначність вказівок щодо проведенню операцій на кожному етапі їхнього виконання, безпосередньо й швидко приводити до рішення, видаваного в зручній для використання формі, тобто повинні при будь-якій вихідній інформації та точному дотриманні розпоряджень, що визначають обчислювальний процес, видавати остаточний результат у вигляді узагальнених залежностей (співвідношень, графіків), що дозволяють поширити результати на групи явищ, подібних до даних.

При дотриманні зазначених умов ЕОМ разом з відповідним алгоритмом може розглядатися як модель досліджуваного процесу, що забезпечує вирішення наукових і технічних завдань.

Вимоги до точності й вірогідності результатів моделювання різні залежно від поставлених завдань і характеру досліджень. Дослідження, що стосуються проектних розробок, а також оцінки та відносного зіставлення варіантів, не вимагають високої точності результатів. Однак точність результатів має досить велике значення, якщо дослідження проводяться стосовно до конкретної схеми, а отримані результати необхідно поширити на ряд оригіналів.

При одержанні на основі моделювання характеристик тих або інших явищ необхідно враховувати фактори, що обумовлюють розбіжність результатів, одержуваних у моделях і в оригіналах. До цих факторів належать неточності, обумовлені визначенням або завданням параметрів оригіналу, що входять у критерії подоби, і відтворенням параметрів на моделі, похибки вимірів при проведенні досвідів, неповним обліком у моделі факторів, що свідомо впливають на головні процеси

Ці неточності можна звести до деяких сумарних неточностей відтворення

критеріїв подібності, вони можуть бути зменшені багаторазовим повторенням вимірів, вибором приладів належної точності й т.д.

Мінливість параметрів випадково змінюватися, що входять у критерії подібності, приводить до того, що критерії подібності також виявляються підданими випадковим варіаціям. Тому при оцінці вірогідності результатів моделювання систем, що мають такі параметри, необхідно також урахувувати вплив випадкових факторів.

Звичайно в практичних додатках оцінка вірогідності результатів моделювання з урахуванням похибок зводиться до двох завдань: до оцінки впливу стохастичних варіацій критеріїв подібності й до оцінки похибки реалізації наближеного моделювання замість точного.

Похибки наближеного моделювання виявляють двома коригуючими один одного шляхами. По-перше, перевіркою послідовним моделюванням, коли, моделюючи ту саму систему в різних масштабах, при різних коефіцієнтах лінеаризації й т.п., можна одержати дані про можливий ефект, що спотворює, моделювання. По-друге, дослідженням рівнянь, покладених в основу наближених критеріїв подібності, і проведенням серій дослідів і розрахунків з різним сполученням величин, що входять у наближені критерії.

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **Класифікація, типи та завдання експерименту**

Найважливішою складовою частиною наукових досліджень є експеримент, основою якого є науково поставлений дослід з точно враховуваними й керованими умовами.

Саме слово експеримент походить від латинського *experimentum* — проба, дослід. У науковій мові й дослідницькій роботі термін «експеримент» звичайно використовується у значенні, загальному для цілого ряду сполучених понять: дослід, цілеспрямоване спостереження, відтворення об'єкта пізнання, організація особливих умов його існування, перевірка пророкування. У це поняття

експерименту вкладається наукова постановка дослідів і спостереження досліджуваного явища в умовах, що дозволяють стежити за ходом явищ і відтворювати його щоразу при повторенні цих умов. Саме по собі поняття «експеримент» означає дію, спрямовану на створення умов з метою здійснення того або іншого явища, по можливості, найбільш частого, тобто не ускладненого іншими явищами. Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке й глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Постановка та організація експерименту визначаються його призначенням. Експерименти, які проводяться в різних галузях науки, є хімічними, біологічними, фізичними, психологічними, соціальними і т.п. Вони розрізняються за способом формування умов (природні й штучні); за цілями дослідження (перетворюючі, що констатують, контролюючі, пошукові, вирішальні); за організацією проведення (лабораторні, натурні, польові, виробничі та т.п.); за структурою досліджуваних об'єктів і явищ (прості, складні); за характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження (речовинні, енергетичні, інформаційні); за характером взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження (звичайні та модельні); за типом моделей, досліджуваних в експерименті (матеріальні та уявні); за контрольованими величинами (пасивні та активні); за чисельністю змінних факторів (однофакторні та багатофакторні); за характером досліджуваних об'єктів або явищ (технологічні, соціометричні) і т.п. Звичайно, для класифікації можуть бути використані ще інші ознаки.

Експерименти розрізняють за способом формування умов; за цілями дослідження; за організацією проведення; за структурою досліджуваних об'єктів та явищ; за характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження; за характером взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження; за типом моделей, досліджуваних в експерименті; за контрольованими величинами; по кількості змінних факторів; за характером досліджуваних об'єктів або явищ і т.п.

За способом формування умов:

**природний експеримент** – припускає проведення досвідів у природних умовах існування об'єкта дослідження (найчастіше використовується в біологічних, соціальних, педагогічних і психологічних науках);

**штучний експеримент** – припускає формування штучних умов (широко застосовується в природних і технічних науках).

За цілями дослідження:

**Перетворюючий** (творчий) експеримент – включає активну зміну структури та функцій об'єкта дослідження відповідно до висунутої гіпотези, формування нових зв'язків і відносин між компонентами об'єкта або між досліджуваним об'єктом та іншими об'єктами. Дослідник відповідно до розкритих тенденцій розвитку об'єкта дослідження навмисно створює умови, які повинні сприяти формуванню нових властивостей та якостей об'єкта.

**Констатуючий експеримент** – використовується для перевірки певних припущень. У процесі цього експерименту констатується наявність певного зв'язку між впливом на об'єкт дослідження і результатом, виявляється наявність певних фактів.

**Контролюючий експеримент** – зводиться до контролю над результатами зовнішніх впливів на об'єкт дослідження з урахуванням його стану, характеру впливу та очікуваного ефекту.

**Пошуковий експеримент** – проводиться в тому випадку, якщо утруднена класифікація факторів, що впливають на досліджуване явище внаслідок відсутності достатніх попередніх (апріорних) даних. За результатами пошукового експерименту встановлюється значущість факторів, здійснюється відсівання незначущих.

**Вирішальний експеримент** – ставиться для перевірки справедливості основних положень фундаментальних теорій у тому випадку, коли дві або кілька гіпотез однаково узгоджуються з багатьма явищами. Ця згода приводить до утруднення, яку саме з гіпотез вважати правильною. Вирішальний експеримент дає такі факти, які погодяться з однією з гіпотез і суперечать іншій.



Прикладом вирішального експерименту служать дослід з перевірки справедливості ньютонівської теорії витікання світла і хвилеподібної теорії Гюйгенса. Ці дослід були поставлені французьким вченим Фуко (1819-1868). Вони торкалися питання про швидкість поширення світла всередині прозорих тіл. Відповідно до гіпотези витікання, швидкість світла всередині таких тіл повинна бути більше, ніж у порожнечі. Але Фуко своїми дослідом довів зворотне, тобто що в менш щільному середовищі швидкість світла більша. Цей дослід Фуко і був тим вирішальним дослідом, що вирішив суперечку між двома гіпотезами (у даний час гіпотеза Гюйгенса замінена електромагнітною гіпотезою Максвелла). Іншим прикладом вирішального експерименту може служити суперечка між Птолемеєм і Коперником про рух Землі. Вирішальний дослід Фуко з маятником остаточно вирішив суперечку на користь теорії Коперника.

За організацією проведення:

**Лабораторний експеримент** – проводиться в лабораторних умовах із застосуванням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, устаткування та т.п. Найчастіше в лабораторному експерименті вивчається не сам об'єкт, а його зразок. Цей експеримент дозволяє доброякісно, з необхідною повторністю вивчити вплив одних характеристик при варіюванні інших, одержати гарну наукову інформацію з мінімальними витратами часу та ресурсів. Однак такий експеримент не завжди повністю моделює реальний хід досліджуваного процесу, тому виникає потреба в проведенні натурального експерименту.

**Натурний експеримент** – проводиться у природних умовах і на реальних об'єктах. Цей вид експерименту часто використовується в процесі натурних випробувань виготовлених систем.

Залежно від місця проведення випробувань натурні експерименти підрозділяються на **виробничі, польові, полігонні, напівнатурні** та т.п. Натурний експеримент завжди вимагає ретельного продумування й планування, раціонального підбору методів дослідження. Практично у всіх випадках основна наукова проблема натурального експерименту — забезпечити достатню відповідність (адекватність) умов експерименту реальній ситуації, в якій буде працювати зго-

дом створюваний об'єкт. Тому центральними завданнями натурального експерименту є: вивчення характеристик впливу середовища на випробуваний об'єкт; ідентифікація статистичних і динамічних параметрів об'єкта; оцінка ефективності функціонування об'єкта і перевірка його на відповідність заданим вимогам.

Натурні експерименти можуть бути **відкриті й закриті**, такі експерименти часто використовуються в психології, соціології, педагогіці.

**У закритому експерименті** з метою одержання об'єктивних даних ці завдання ховаються від випробуваного. Будь-яка форма відкритого експерименту впливає (часто активізує) на суб'єктивну сторону поведінки випробуваних. У цьому зв'язку відкритий експеримент доцільний тільки тоді, коли є можливість і достатня впевненість у тому, що вдасться викликати у випробуваного активну участь і суб'єктивну підтримку намічуваній роботі. Закритий експеримент характеризується тим, що його ретельно маскують; випробуваний не здогадується про експеримент, і робота протікає зовні в природних умовах. Такий експеримент не викликає у випробуваних підвищеної сторожкості й зайвого самоконтролю, прагнення поводитися не так, як звичайно.

**Простий експеримент** – використовується для вивчення об'єктів, що не мають розгалуженої структури, з невеликою кількістю взаємозалежних і взаємодіючих елементів, що виконують найпростіші функції.

**У складному експерименті** – вивчають явища або об'єкти з розгалуженою структурою (можна виділити ієрархічні рівні) і більшою кількістю взаємозалежних і взаємодіючих елементів, що виконують складні функції. Високий ступінь зв'язності елементів приводить до того, що зміна стану якого-небудь елемента або зв'язку спричиняє зміну стану багатьох інших елементів системи. У складних об'єктах дослідження можлива наявність декількох різних структур, декількох різних цілей. Але все-таки конкретний стан складного об'єкта може бути описаний.

За характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження:

**Інформаційний експеримент** – використовується для вивчення впливу певної (різної за формою і змістом) інформації на об'єкт дослідження (найчас-

тіше інформаційний експеримент використовується в біології, психології, соціології, кібернетиці та т.п.). За допомогою цього експерименту вивчається зміна стану об'єкта дослідження під впливом повідомлюваної йому інформації.

**Речовинний експеримент** припускає вивчення впливу різних речовинних факторів на стан об'єкта дослідження. Наприклад, вплив різних добавок на якість стали та т.п.

**Енергетичний експеримент** – використовується для вивчення впливу різних видів енергії (електромагнітної, механічної, теплової і т.д.) на об'єкт дослідження. Цей тип експерименту широко розповсюджений у природничих науках.

За характером взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження:

**Звичайний (або класичний) експеримент** – включає експериментатора як того, що пізнає суб'єкта; об'єкт або предмет експериментального дослідження та засобу (інструменти, прилади, експериментальні установки), за допомогою яких здійснюється експеримент. У звичайному експерименті експериментальні засоби безпосередньо взаємодіють із об'єктом дослідження. Вони є посередниками між експериментатором та об'єктом дослідження.

**Моделльний експеримент** – на відміну від звичайного має справу з моделлю досліджуваного об'єкта. Модель входить до складу експериментальної установки, заміщаючи не тільки об'єкт дослідження, але часто й умови, у яких вивчається деякий об'єкт. Моделльний експеримент при розширенні можливостей експериментального дослідження одночасно має і ряд недоліків, пов'язаних з тим, що розходження між моделлю та реальним об'єктом може стати джерелом помилок та, крім того, екстраполяція результатів вивчення поведінки моделі на об'єкт що моделюється вимагає додаткових витрат часу та теоретичного обґрунтування правочинності такої екстраполяції. За типом моделей, досліджуваних в експерименті:

Розходження між **уявним і матеріальним експериментом** полягає в знаряддях експерименту. Знаряддями уявного (розумового) експерименту є уявні моделі досліджуваних об'єктів або явищ (почуттєві образи, образно-знакові мо-

делі, знакові моделі). Для позначення уявного експерименту іноді користуються термінами: **ідеалізований** або **уявлюваний** експеримент. Уявний експеримент є однією з форм розумової діяльності суб'єкта, що пізнає, у процесі якої відтворюється в уяві структура реального експерименту. Структура уявного експерименту включає: побудову уявної моделі об'єкта дослідження, ідеалізованих умов експерименту та впливів на об'єкт; свідомо й планомірна зміна, комбінування умов експерименту та впливів на об'єкт; свідоме і точне застосування на всіх стадіях експерименту об'єктивних законів науки, завдяки чому виключається абсолютна сваволя. У результаті такого експерименту формуються висновки.

**Матеріальний експеримент** – має аналогічну структуру. Однак у матеріальному експерименті використовуються матеріальні, а не ідеальні об'єкти дослідження. Основна відмінність матеріального експерименту від уявного в тому, що матеріальний експеримент зв'язує свідомість із зовнішнім матеріальним світом, а уявний експеримент є специфічною формою теоретичної діяльності людини.

Подібність уявного експерименту з реальним значною мірою визначається тим, що всякий реальний експеримент перш ніж бути здійсненим на практиці, спочатку, проводиться людиною подумки в процесі обмірковування й планування. Тому уявний експеримент нерідко виступає в ролі ідеального плану реального експерименту, у певному змісті випереджаючи його.

Уявний експеримент має більш широку сферу застосування, ніж реальний експеримент, тому що застосовується не тільки при підготовці й плануванні останнього, але і у тих випадках, коли проведення реальних дослідів є неможливим. Так, Галілей в уявному експерименті прийшов до висновку про існування руху за інерцією, що відкинув аристотелівську точку зору, відповідно до якої тіло, що рухається, зупиняється, якщо сила, що штовхає його, припиняє свою дію. Цей висновок міг бути отриманий тільки за допомогою уявного експерименту. З цього приводу А. Ейнштейн говорив наступне: «Ми бачили, що закон інерції неможна вивести безпосередньо з експерименту, його можна вивести лише умоглядно - мисленням, пов'язаним зі спостереженням. Цей експеримент ніколи не можна виконати в дійсності, хоча він веде до глибокого розуміння дійсних експериментів».

Уявний експеримент, замінюючи собою реальний, розширює межі пізнання, тому що забезпечує одержання такої інформації, яку іншими засобами добути неможливо. Уявний експеримент дозволяє перебороти неминучу обмеженість реального досліду шляхом абстрагування від дії небажаних, що затемнюють причин, повне усунення яких в реальному експерименті практично недосяжне.

Уявний експеримент використовується не тільки вченими, але і письменниками, художниками, педагогами, лікарями. Уявне експериментування яскраво проявляється в мисленні шахістів. Величезна роль уявного експерименту в технічному конструюванні й винахідництві. Результати уявного експерименту знаходять вираження у формулах, кресленнях, графіках, нарисах, ескізних проєктах і т.п.

За контрольованими величинами:

**Пасивний експеримент** – передбачає вимір тільки обраних показників (параметрів, змінних) у результаті спостереження за об'єктом без штучного втручання в його функціонування. Прикладами пасивного експерименту є спостереження: за інтенсивністю, складом, швидкістю руху транспортних потоків; за числом захворювань взагалі або якою-небудь певною хворобою; за працездатністю певної групи осіб; за показниками, що змінюються з часом; за числом дорожньо-транспортних випадків і т.п.

Пасивний експеримент є спостереженням, що супроводжується інструментальним виміром обраних показників стану об'єкта дослідження.

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

За кількістю змінних факторів

**Однофакторний експеримент** – припускає: виділення потрібних факторів; стабілізацію факторів, що заважають; почергове варіювання факторів, що цікавлять дослідника.

**Багатофакторний експеримент** – полягає в тому, що варіюються всі змінні відразу й кожен ефект оцінюється за результатами всіх дослідів, проведених у даній серії експериментів.

За характером досліджуваних об'єктів або явищ:

**Технологічний експеримент** – спрямований на вивчення елементів технологічного процесу (продукції, устаткування, діяльності працівників і т.п.) або процесу в цілому,

**Соціометричний експеримент** – використовується для виміру існуючих міжособистісних соціально-психологічних відносин у малих групах з метою їхньої наступної зміни.

Як ми вже зазначали, наведена класифікація експериментальних досліджень не може бути визнана повно, оскільки з розширенням наукового знання розширюється область застосування експериментального методу. Крім того, залежно від завдань експерименту різні його типи можуть поєднуватися, створюючи комплексний або комбінований експеримент.

## **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Метрологія** — наука про виміри, методи й засоби забезпечення їхньої єдності та способи досягнення необхідної точності. До основних проблем метрології відносяться: загальна теорія вимірів; одиниці фізичних величин й їхньої системи (наприклад, СІ); методи й засоби вимірів; методи визначення точності вимірів; основи забезпечення єдності вимірів, при яких результати виміру виражені в узаконених одиницях, а похибки вимірів відомі із заданою ймовірністю, що можливо при однаковості засобів виміру.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Вимірювальна установка** (стенд) являє собою систему, що складається з основних і допоміжних засобів виміру, призначених для виміру однієї або декількох величин. Установки містять у собі різні засоби вимірів і перетворювачі, призначені для одно- або багатоступінчастого перетворення сигналу до такого рівня, щоб можна було зафіксувати його вимірювальним механізмом. Перетворювачі, які збільшують у кілька разів на виході величину без зміни її фізичної сутності, називають масштабними (трансформатори, електронні підсилювачі та



ін.). Є також перетворювачі, які вхідний сигнал можуть перетворювати, міняючи його фізичну сутність. Так, електромеханічний перетворювач перетворює електричний сигнал на вході в механічний на виході або навпаки. Нерідко при проведенні експериментів доводиться створювати вимірювальні установки з фіксацією різних фізичних величин. Вихідний сигнал засобів виміру фіксується відліковими пристроями, які бувають шкальними, цифровими й реєструючими. Шкала є важливою частиною приладу. Відстань у міліметрах між двома суміжними оцінками на шкалі називають довжиною розподілу шкали. Різницю між значеннями вимірюваної величини, що відповідає початку і кінцю шкали, називають діапазоном показань приладу.

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

Діапазоном вимірів називають ту частину діапазону показань приладу, для якої встановлені погрішності приладу (якщо відомі похибки приладу, то діапазон вимірів і показань приладу збігається). Діапазон вимірів є важливою характеристикою приладу. Якщо шкала вимірів змінюється від 0 до N, то в характеристиці на прилад діапазон указують у межах 0..N. Ряд приладів з нижньою межею виміру 0 має більшу похибку в інтервалі 0...25 % від верхньої межі вимірів. Тому є багато приладів без нижньої нульової межі виміру, наприклад 100...1000 Н/м<sup>2</sup>.

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

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

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

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

На всі вимірювальні прилади тією чи іншою мірою діє магнітне поле. Тому ряд електровимірювальних приладів повинен бути захищений від дії магнітного поля, а також електростатичних явищ. Існують також прилади, які вимагають додаткового захисту від пилу, вібрації, газу, світла та ін. Відсутність такого захисту може викликати похибки, що перевищують припустимі.

Усі засоби виміру (прилади, використовувані для виміру в наукових дослідженнях) проходять періодичну перевірку на точність. Така перевірка передбачає визначення й, по можливості, зменшення погрешностей приладів. Перевірка дозволяє встановити відповідність даного приладу регламентованому ступеню точності й визначає можливість його застосування для даних вимірів, тобто визначаються похибки й установлюється, чи не виходять вони за межі допустимого значення. Перевірку засобів вимірів роблять на різних рівнях - від спеціальних державних організацій до низових ланок.

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

Вимірювальні прилади й установки різних організацій піддають обов'язковій державній перевірці раз в 1...2 роки. Цього строку цілком достатньо для

гарантованої експлуатації. Однак у ряді випадків внаслідок недбалого поводження із приладами їхні експлуатаційно-вимірювальні характеристики можуть порушуватися, тоді перевірку потрібно проводити раніше.

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

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

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

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

Найпоширенішим способом перевірки приладів та оцінки його експлуатаційних характеристик є спосіб порівняння. Він зводиться до зіставлення приладу, що перевіряє, зі зразковим при вимірі однієї та тієї ж величини. По відлікам судять про погрішності, які має прибор, що підлягає перевірці.

Одночасно з виконанням наступних вимірів виконавець повинен проводити попередню обробку результатів та їхній аналіз. Тут особливо повинні проявлятися його творчі особливості. Такий аналіз дозволяє контролювати дослі-

джуваний процес, коректувати експеримент, поліпшувати методику й підвищувати ефективність експерименту.

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

## **ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Аналіз випадкових похибок ґрунтується на теорії випадкових помилок, що дає можливість з певною гарантією обчислити дійсне значення вимірної величини й оцінити можливі помилки.

Основу теорії випадкових помилок складають припущення про те, що при великому числі вимірювань випадкові похибки однакової величини, але різного знаку, зустрічаються однаково часто; великі похибки зустрічаються рідше, ніж малі (вірогідність появи похибки зменшується із зростанням її величини); при нескінченно великому числі вимірювань істинне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірювань, а поява того або іншого результату вимірювання як випадкової події описується нормальним законом розподілу.

Для проведення дослідів із заданою точністю й достовірністю необхідно знати ту кількість вимірювань, при якій експериментатор упевнений в позитивному результаті. У процесі обробки експериментальних даних слід виключати грубі помилки. Поява цих помилок цілком вірогідна, а наявність їх відчутно впливає на результат вимірювань. Проте перш ніж виключити те або інше вимірювання, необхідно переконатися, що це дійсно груба помилка, а не відхилення внаслідок статистичного розкиду. Відомо декілька методів визначення грубих помилок статистичного ряду. Найпростішим способом виключення помилок є правило трьох сигм.

При обробці результатів вимірювань і спостережень широко використовують методи графічного зображення, оскільки результати вимірювань, подані в табличній формі, іноді не дозволяють достатньо наочно характеризувати закономірності процесів, що вивчаються. Графічне зображення дає найнаочніше уявлення про результати експерименту, дозволяє краще зрозуміти фізичну суть досліджуваного процесу, виявити загальний характер функціональної залежності змінних величин, встановити наявність максимуму або мінімуму функції.

Для графічного зображення результатів вимірювань (наглядів), як правило, застосовують систему прямокутних координат. Перш ніж будувати графік, необхідно знати хід (течія) досліджуваного явища. Як правило, якісні закономірності й форма графіка експериментатору орієнтовно відомі з теоретичних досліджень.

Точки на графіку необхідно з'єднувати плавною лінією так, щоб вони по можливості проходили ближче до всіх експериментальних точок. Якщо з'єднати точки прямими відрізками, то одержимо ламану криву. Вона характеризує зміну функції за даними експерименту. Звичайно функції мають плавний характер. Тому при графічному зображенні результатів вимірювань слід проводити між точками плавні криві. Різке викривлення графіка пояснюється похибками вимірювань. Якби експеримент повторили із застосуванням засобів вимірювань більш високої точності, то одержали б менші похибки, а ламана крива більше б відповідала плавній кривій.

Проте можуть бути й винятки, оскільки іноді досліджують явища, для яких в певних інтервалах спостерігається швидка стрибкоподібна зміна однієї з координат. Це пояснюється суттю фізико - хімічних процесів, наприклад фазовими перетвореннями вологи, радіоактивним розпадом атомів у процесі дослідження радіоактивності і т.д. У таких випадках необхідно особливо ретельно сполучати точки кривої.

Іноді при побудові графіка одна-дві точки різко віддаляються від кривої. У таких випадках спочатку слід проаналізувати фізичну суть явища, і якщо немає підстави вважати наявність стрибка функції, то таке різке відхилення мож-

на пояснити грубою помилкою або промахом. Це може виникнути тоді, коли дані вимірювань заздалегідь не досліджувалися на наявність грубих помилок. У цьому разі необхідно повторити вимірювання в діапазоні різкого відхилення даних виміру. Якщо колишнє вимірювання виявилось помилковим, то на графік наносять нову точку. Якщо ж повторні вимірювання дадуть колишнє значення, необхідно до цього інтервалу кривої віднести особливо уважно й ретельно проаналізувати фізичну суть явища.

Масштаб по координатних осях звичайно застосовують різний. Від вибору його залежить форма графіка - він може бути плоским (вузьким) або витягнутим (широким) уздовж осі. Вузькі графіки дають велику похибку по осі  $y$ ; широкі – по осі  $x$ .

У деяких випадках будують номограми, що істотно полегшують вживання для систематичних розрахунків складних теоретичних або емпіричних формул у певних межах вимірювання величин. Номограми можуть відображати алгебраїчні вирази, тоді складні математичні вирази можна вирішувати порівняно простими графічними методами. Побудова номограм - трудомістка операція. Проте, будучи раз побудованою, номограма може бути використана для знаходження будь-якої із змінних, що входять в номограмірованне рівняння. Вживання ЕОМ істотно знижує трудомісткість номограмірування

**Елементи теорії планування експерименту.** Математична теорія експерименту визначає умови оптимального проведення дослідження, в тому числі при неповному інформуванні фізичної суті явища. Для цього використовують математичні методи при підготовці й проведенні дослідів, що дозволяє досліджувати й оптимізувати складні системи й процеси, забезпечувати високу ефективність експерименту й точність визначення досліджуваних чинників. Забезпечується також ефективне керування експериментом при неповному знанні механізму явищ.

Експерименти звичайно проводять невеликими серіями за наперед зладженим алгоритмом.

Після кожної невеликої серії дослідів проводять обробку результатів наглядів і приймають строго обґрунтоване рішення про те, що робити далі.

При використанні методів математичного планування експерименту можливо: вирішувати різні питання, пов'язані з вивченням складних процесів і явищ; проводити експеримент з метою адаптації технологічного процесу до оптимальних умов його протікання, що змінюються, і забезпечувати таким чином високу ефективність його здійснення та ін.

Теорія математичного експерименту містить ряд концепцій, що забезпечують успішну реалізацію завдань дослідження. До них відносяться концепції рандомізації, послідовного експерименту, математичного моделювання, оптимального використання простору чинника та інших.

Принцип рандомізації полягає в тому що в план експерименту вводять елемент випадковості. Для цього план експерименту складають так, щоб ті систематичні чинники, що важко піддаються контролю, враховувалися статистично й потім виключалися в дослідженнях як систематичні помилки.

При послідовному проведенні експеримент виконують не одночасно, а поетапно, щоб результати кожного етапу аналізувати й ухвалювати рішення про доцільність проведення подальших досліджень. У результаті експерименту одержують рівняння регресії, які часто називають моделлю процесу. Для конкретних випадків математичну модель створюють, виходячи з цільової спрямованості процесу й завдань дослідження, з урахуванням необхідної точності вирішення й достовірності початкових даних, що звичайно проводять за критерієм Фішера. Оскільки ступінь полінома, адекватно до того, що описує процес, передбачити неможливо, то спочатку намагаються описати явище лінійною моделлю, а потім, якщо вона неадекватна, підвищують ступінь полінома, тобто проводять експеримент поетапно.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основы научных исследований. /Под ред. В.И. Крутова., В.В.Попова.- М.: Высшая школа, 1989.- 400 с.
2. Білуха М. Т. Основы научных досліджень: Підручник. - К.: Вища школа, 1997.- 214 с.
3. Філіпченко А. С. Основы научных досліджень. Конспект лекцій: Посібник. – К.: Академвидав, 2004. – 208 с.
4. Методы исследований и организация эксперимента. / под ред. К.П. Власова. – Х: Изд-во «Гуманитарный центр», 2002. – 255с.
5. Айвазян С. А., Енюков И. С., Машалкин Л. Д. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Финансы и статистика, 1983.- 470 с.
6. Пальчевский Б.А. Научное исследование: объект, направление, метод.- Львов: Вища школа, 1979.- 180 с.
7. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях.- К.: Техніка, 1975.-168 с.
8. Белый И.В., Власов К.П., Клепиков В.Б. Основы научных исследований и технического творчества. – Х.: “Вища школа”, 1989. - 199с.
9. Кузин Ф.А. Методика написания, правила оформления и порядок защиты кандидатской диссертации. – М.: Ось-89, 2003. – 224с.