

ТЕХНОЛОГІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Н. І. Болтянська

О. Г. Скляр

**ТЕХНОЛОГІЇ
НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Болтянська Н. І., Скляр О. Г.

ТЕХНОЛОГІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти

Мелітополь, 2022

УДК 001.891(075.8)

Б 79

Автори: Скляр О.Г., Болтянська Н.І.

Рекомендовано Вченою радою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного як підручник для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» у закладах вищої освіти IV рівня акредитації (Протокол № 9 від 18 травня 2021 року)

Рецензенти:

О. В. Аверчев доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності Херсонського державного аграрно-економічного університету, заслужений діяч науки і техніки України.

С. П. Погорілий, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник ННЦ ІМЕСГ, УААН

І. О. Мікульонок, доктор технічних наук, професор кафедри хімічного, полімерного і силікатного машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», заслужений винахідник України.

Б 79 Технології наукових досліджень: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Н. І. Болтянська, О. Г. Скляр. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2022. – 682 с., іл.

ISBN 978-617-7823-60-4

В підручнику подано загальні поняття про структуру, тенденції розвитку і класифікацію науки в Україні, організацію науково-дослідної діяльності в Україні та основні напрями наукових досліджень; висвітлено основи наукознавства в сучасному світі: поняття, зміст і функції науки, виникнення та еволюція науки, наукознавство та його розвиток, шлях становлення наукової теорії та основні принципи науки і наукового пізнання; розглянуто методологію та організацію наукових досліджень, методичні основи наукового дослідження, основні принципи загальнонаукових досліджень та основи системного дослідження; особливості теоретичних та експериментальних досліджень; основи пошуку, накопичення та опрацювання наукової інформації; основи етики наукових досліджень; особливості викладу та обґрунтування наукових результатів.

ISBN 978-617-7823-60-4

УДК 001.891(075.8)

© Болтянська Н. І., Скляр О. Г., 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ	7
1.1 Структура, тенденції розвитку і класифікація науки в Україні	7
1.2 Організація науково-дослідної діяльності в Україні.....	23
1.3 Мета і завдання науково-дослідної роботи студентів.....	36
1.4 Види і форми науково-дослідної роботи студентів.....	39
1.5 Планування, облік і контроль науково-дослідної роботи студентів і аспірантів	53
РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ НАУКОЗНАВСТВА В СУЧАСНОМУ СВІТІ	58
2.1 Поняття, зміст і функції науки	58
2.2 Виникнення та еволюція науки	64
2.3 Наукознавство та його розвиток.....	73
2.4 Шлях становлення наукової теорії.....	79
2.5 Основні принципи науки і наукового пізнання	86
2.6 Загальні поняття про наукову діяльність	111
РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	116
3.1 Види наукового дослідження, ознаки і класифікація.....	116
3.2 Наукове пізнання: методологія, принципи та методи.....	128
3.3 Аксиоматизація наукових теорій.....	168
3.4 Гіпотези у методології наукових досліджень	175
3.5 Докази у наукових дослідженнях	181
3.6 Об'єкти наукового дослідження та їх класифікація.....	186
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	191
4.1 Технологія наукових досліджень	191
4.2 Порядок здійснення наукового дослідження. Поняття, функції та структура програми дослідження.....	197
4.3 Напрямок теми та мета наукового дослідження	204
4.4 Наукова інформація: пошук, накопичення та опрацювання	215
4.5 Бібліографічний апарат наукових досліджень.....	264
4.6 Правила наведення цитат і бібліографічних посилань у текстах наукових та навчальних робіт.....	301
4.7 Економічне обґрунтування вибору наукової теми. Ефективність наукового дослідження.....	304
4.8 Магістерська робота як кваліфікаційне дослідження	307
РОЗДІЛ 5. МЕТОДИКА ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	335
5.1 Методика теоретичних досліджень.....	335
5.2 Системний підхід у науковому дослідженні. Поняття системи. Моделювання у науковому дослідженні	346
5.2.1 Поняття системи та її властивості.....	356
5.2.2 Класифікація систем	367
5.2.3 Зв'язки (потокі). Види зв'язків	371
5.2.4 Структура системи.....	374

5.2.5	Сутність методу моделювання.....	375
5.2.6	Основні функції та етапи побудови моделей систем	377
5.2.7	Класифікація моделей та методів математичного моделювання.....	380
5.3	Методика експериментальних досліджень.....	398
5.3.1	Сутність експерименту, загальні вимоги до проведення.....	398
5.3.2	Класифікація експериментів	400
5.3.3	Етапи підготовки наукового експерименту.....	407
5.3.4	Розробка методики експерименту	410
5.3.5	Обробка експериментальних даних	413
5.3.6	Вибіркові оцінки коректності математичної обробки результатів експерименту	422
5.3.7	Визначення основних статистичних характеристик вибіркової сукупності	431
5.3.8	Апроксимація результатів експериментальних досліджень.....	437
5.3.9	Регресивний аналіз результатів експериментальних досліджень	440
5.4	Планування експерименту за повними факторними планами	445
5.5	Комп'ютерні технології в наукових дослідженнях	461
РОЗДІЛ 6. МЕТОДИ ПОШУКУ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ВИРОБІВ.....		472
6.1	Основні етапи процесу рішення проєктних задач і їхнє методологічне забезпечення	472
6.2	Постановка задачі, формулювання умов та пошук ідеї рішення	478
6.3	Аналіз технічної задачі	481
6.4	Методи пошуку нових технічних рішень	495
6.5	Загальні відомості щодо інтегрованих систем проєктування виробів	523
6.6	Методи рішення інженерних задач на етапі проєктування технічних виробів і систем.....	528
6.7	Вирішення інженерних задач із використанням пакета COSMOS	549
РОЗДІЛ 7. ПСИХОЛОГІЯ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ		566
7.1	Психологія наукової творчості	566
7.2	Науково–психологічні дослідження.....	583
7.3	Етика наукових досліджень	600
7.3.1	Етичний кодекс вченого	600
7.3.2	Наукова етика в наукових дослідженнях.....	616
РОЗДІЛ 8. АПРОБАЦІЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПУБЛІКУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ.....		639
8.1	Оформлення звіту про результати наукової роботи.....	639
8.2	Складання і подання заявки на винахід	647
8.3	Апробація наукових матеріалів	653
ЛІТЕРАТУРА		674

ПЕРЕДМОВА

В сучасних умовах швидкого розвитку технологій, нарощування матеріальної бази виробничих підприємств і збільшення значущості інформаційних технологій в різних галузях промисловості серйозне значення набуває підготовка закладами вищої освіти висококваліфікованих фахівців, що мають високу професійну і теоретичну підготовку, здатних до самостійної творчої роботи.

Наукова діяльність у закладах вищої освіти є невід'ємною складовою освітнього процесу й здійснюється з метою інтеграції наукової, навчальної та виробничої діяльності у системі вищої освіти. Закон України «Про вищу освіту» визначає головні завдання наукової діяльності у закладах вищої освіти, до яких належать: органічна єдність змісту освіти й програм наукової діяльності; створення стандартів вищої освіти, підручників і навчальних посібників з урахуванням досягнень науки й техніки; впровадження результатів наукових досліджень у практику; безпосередня участь суб'єктів освітньо-виховного процесу в науково-дослідних роботах, що проводяться у закладі вищої освіти; організація наукових, науково-практичних, науково-методичних семінарів, конференцій, олімпіад, конкурсів науково-дослідних, курсових, дипломних та інших робіт учасників освітньо-виховного процесу.

Успішність наукової діяльності неможлива без знання її методології, теорії, технології, методів та організації. Ці знання потрібні здобувачам вищої освіти та співробітникам університету – всім тим, хто бере участь у освітньому й науковому процесі.

Поява дисципліни «Технології наукових досліджень» було викликано стрімким розвитком науково-технічної революції, швидким оновленням знань, збільшенням обсягу наукової і науково-технічної інформації. Сьогодні, як ніколи, іс-

нує потреба у висококваліфікованих фахівцях, які мають гарну загальнонаукову і професійну підготовку, які здатні до самостійної наукової творчої роботи. Ці фахівці повинні не тільки добре орієнтуватися в нових методах наукових розробок і досліджень, але також вміти впроваджувати їх результати в виробничий процес. Дисципліна «Технології наукових досліджень» включає в себе: методологічні основи наукового пізнання, вивчення структури і основних етапів науково-дослідних робіт. Даний курс дає загальні поняття щодо структури, тенденцій розвитку і класифікації науки в Україні, організації науково-дослідної діяльності в Україні та основних напрямів наукових досліджень; висвітлює основи наукознавства в сучасному світі; методологію та організацію наукових досліджень, методичні основи наукового дослідження, основні принципи загальнонаукових досліджень та основи системного дослідження; особливості теоретичних та експериментальних досліджень; основи пошуку, накопичення та опрацювання наукової інформації; основи етики наукових досліджень; особливості викладу та обґрунтування наукових результатів. При вивченні курсу студенти повинні навчитися проводити пошук, накопичення та обробку наукової інформації, а також проводити, обробляти і оформляти результати експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

1.1 Структура, тенденції розвитку і класифікація науки в Україні

Наука як система знань має специфічну структуру, включаючи ряд елементів.

Головним складовим елементом науки, її системоутворюючою ланкою є наукові закони, які мають відповідати законам об'єктивного світу, бути їх більш-менш точним відображенням. Тому наукова думка розвивається не випадковими стрибками, а підпорядкована певним законам логіки. Окремі закони розкриваються через узагальнення історії науки, аналізу особливостей її поступального руху і відображають відносну самостійність науки, її особливу якість, тоді як загальні закони пов'язують науку з практикою та іншими науками і явищами. Якщо закони філософії відображають найбільш загальні риси економічних відносин, то закони економіки – їх специфічні риси. При цьому останні включають категорії філософії та специфічні риси економічної дієвості. Розглядаючи закони і категорії філософії та економічної теорії, можна стверджувати, що вони становлять цілісну систему у розвитку суспільства.

Поєднання природних законів і закономірностей із законами економіки виявляється у підприємницькій діяльності в умовах ринкових відносин. Так, виконання довгострокової аграрної програми в Україні залежить не лише від дії економічних законів, а й від законів природи, які впливають на ефективність землеробства і рослинництва. До них, зокрема, відносять закони: рівнозначності і незалежності процесів життя рослин, факторів обмеження, оптимуму зворотності, плодозміни та ін. Сутність закону рівнозначності та

незалежності процесів життя рослин полягає в тім, що неможливо один необхідний для рослин фактор (вода, тепло, світло) замінити іншим. Згідно з законом обмежуючого фактору рівень урожайності завжди визначається фактором, який міститься у мінімумі, і скільки б не зростала величина інших факторів, урожайність не збільшуватиметься. Закон оптимуму полягає у дотриманні найбільш раціонального співвідношення між вологою і речовинами живлення, що створює умови для повного розвитку рослин. Згідно із законом зворотності, рослини за вегетаційний період споживають із ґрунту речовини живлення, які потім необхідно повернути ґрунту. Закон плодозміни полягає у плодозміні культур на полях у просторі і часі, тобто дотриманні сівозміни.

Наука являє собою не застиглий сплав знань, а динамічну систему, що має свій життєвий цикл і проходить свої етапи розвитку від зародження до зрілості. Процес становлення будь-якої конкретної науки в історичному плані включає наступні періоди (рис. 1.1).

Донауковий період. У пліні цього періоду в тій предметній області, де пізніше буде споруджений «будинок науки», здійснюється повсякденна практична діяльність людини. При цьому протягом до наукового періоду методи практичної діяльності формуються стихійно та не передаються від людини до людини. Так як нагромадження знань відсутнє, то відсутня і наука. Проте формується мистецтво відповідної предметної області. Суть цього явища полягає в тім, що деякі люди здійснюють певні види діяльності істотно краще, ніж інші (тобто вони більше «митецькі» у цій області). *Приклад:* Відносно недавно такий стан спостерігався в рекламній справі: товари рекламувалися, майстри і лідери в рекламі існували, однак їхній досвід не був узагальнений і систематизований, як наслідок, була відсутня формальна схема дій і типові прийоми поводження в рекламному бізнесі.



Рис. 1.1. Етапи становлення науки

Емпіричний рівень розвитку науки. У цей період виникає обмін досвідом діяльності. Знання передаються від людини до людини, узагальнюються та накопичуються. Як наслідок, у ту область, де колись безроздільно панувало мистецтво, втручається наука. Однак мистецтво предметної області не зникає: воно перетворюється в уміння фахівця пристосувати до конкретних умов ту формалізовану схему дій, що наука пропонує для типової ситуації.

Теоретичний (методологічний) рівень розвитку науки. У даному періоді основне завдання науки – пояснення явищ предметної області. Як наслідок, у цьому періоді для науки характерне застосування методів теоретичних досліджень, тобто таких методів, як висування гіпотез, моделювання, ідеалізація, абстрагування узагальнення, уявний експеримент.

Методологічний рівень розвитку науки. Це вищий період розвитку науки, у якому об'єктом дослідження стала сама наука. Назва даного періоду походить від терміну «методологія», що узагальнює вчення про методи та теорії, про структуру логічної організації науково-дослідної діяльності.

Циклічний розвиток науки

Крім того, що наукові дисципліни проходять лінійний розвиток від до наукового періоду до методологічного періоду, будь-якій зрілій науці властивий циклічний розвиток. Відповідно до концепції американського філософа і історика науки Томаса Куна, будь-яка конкретна наука розвивається циклічно шляхом постійної зміни двох якісно різних періодів: періоду «нормальної науки»; кризи та революційного періоду (рис. 1.2)

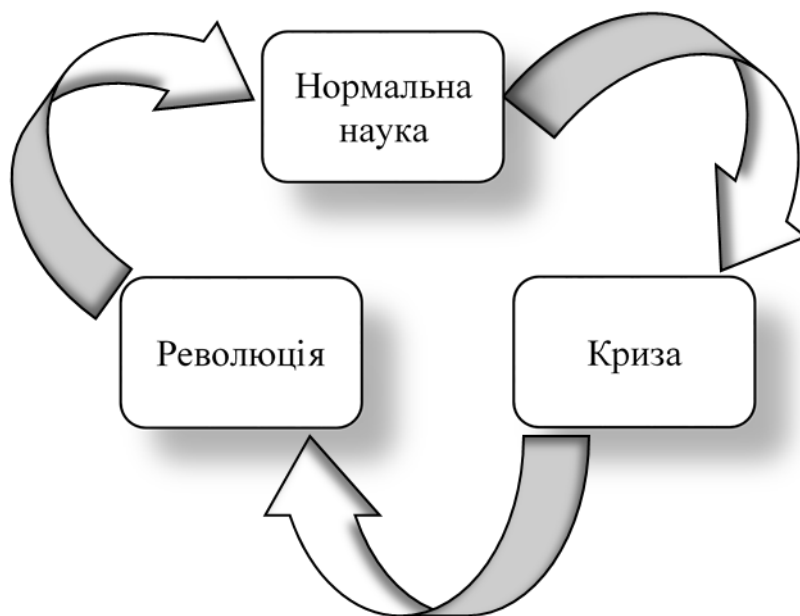


Рис. 1.2. Цикли розвитку науки

Період *нормальної науки* – це рівноважний стан науки, коли безроздільно панує деяка парадигма.

Парадигма – це визнана наукова теорія, що протягом певного часу задає модель наукової діяльності. Крім того, парадигма – це й сама пануюча модель наукової діяльності, що складається із сукупності теоретичних принципів, методологічних норм, світоглядних установок і ціннісних критеріїв. Інакше кажучи, це пануюча концептуальна система, стиль мислення в науці.

Отже, кожна наука разом із законами включає в себе, з одного боку, факти і дані досвіду, а з другого – певну систематизацію знання – теорію.

Факти становлять реальну основу всіх висновків і узагальнень вчених. Без систематизації та узагальнення, без логічного осмислення фактів не може існувати жодна наука. Факти стають складовою частиною наукових знань лише тоді, коли вони виступають у систематизованому, узагальненому вигляді, є основою підтвердження законів дійсності. Закони і факти у науці набувають певної інтеграції і служать базою для більш широких наукових узагальнень за умови, що вони відображені у теоріях.

Важливим структурним елементом будь-якої науки є специфічні категорії – найбільш загальні поняття, що відображають особливості її предмета, змісту і методу. Вони є незмінним засобом дослідження і систематизації матеріалу. В науці розрізняють також такі елементи, як принципи, постулати, правила.

Принципи тісно пов'язані із законами. Вони спеціально створюються в процесі систематизації знань, але, на відміну від законів, об'єктивно у природі не існують. Принципи можуть виступати у формі постулатів, тобто попередніх припущень, які є основою для великих теоретичних узагальнень.

Основні сучасні тенденції розвитку науки полягають у переході від їх диференціації до їх інтеграції, перехід від

координації наук до їх субординації і від одноаспектності наук до розгляду їх у комплексі. Саме ця тенденція проявилася в створенні міждисциплінарних галузей знань, які цементують собою фундаментальні науки; у взаємодії між різними науками, які вивчають один і той же об'єкт одночасно з різних боків; у посиленні цієї взаємодії аж до комплексного вивчення об'єкта системою наук. Нині ця тенденція характерна для об'єктів, які мають глобальний характер.

Сучасна наука пройшла дуже складний історичний шлях. А відкриттю – цьому своєрідному якісному стрибку в науці – передують довге кількісне нагромадження спільних зусиль цілої групи людей. Проте саме відкриття здатний зробити далеко не кожний вчений. Наука розвивається не випадково, а підпорядкована певним об'єктивним закономірностям. Дуже важливу роль у розвитку науки відіграє наступність. Це означає, що кожне нове відкриття готується всім ходом попереднього розвитку наукових знань.

Дуже виразно сказав про це Ньютон: *«Якщо я бачу далі Декарта, так це тому, що я стою на плечах гігантів»*. Однією з важливих закономірностей розвитку науки є те, що вона дедалі істотніше впливає на розвиток техніки та виробничих технологій. В процесі розвитку науки відбувається взаємозбагачення різних її галузей досвідом та ідеями. Розвитку науки притаманні й певні суперечності. Як складне суспільне явище, наука не тільки впливає на суспільство, а й сама відчуває його вплив, в силу чого окремі наукові досягнення мають трагічні для людства наслідки.

Згадаймо хоча б як розвиток ядерної фізики призвів до того, що можливими стали атомні вибухи в Хіросімі та Нагасакі, Чорнобильська трагедія тощо. Людське суспільство зіткнулося сьогодні з кричущою суперечністю між умовами життя людей і штучним середовищем, створюваним ними в процесі науково-технічного прогресу. Як застерігав Ф. Енгельс: *«Не будемо тішитися нашими перемогами над природою. За кожну таку перемогу вона нам мстить»*. Отже,

завдання сучасного вченого – не тільки розвивати науку, а й завжди ретельно зважувати можливі наслідки своїх відкриттів для навколишньої природи, дбаючи про те, щоб вживалися всі необхідні природоохоронні заходи.

Інколи науку розглядають навіть як головного винуватця усіх нещасть людства, як знаряддя насильства над людьми. Її звинувачують у тім, що вона, розглядаючи лише числові абстракції предметів, відкидає емоційний підхід до діяльності людей, не відрізняє добра від зла. Прихильники такого підходу забувають про те, що роль науки у суспільстві визначається самим суспільством, його характером, структурою, виробничими відносинами. Звичайно, не наука винна в таких нещастях людства, як забруднення хімічними та радіоактивними відходами, озонові діри, парниковий ефект тощо, а виною є нехтування людством мудрими законами Природи.

Класифікація наук

Від зародження науки розвиток знання ґрунтувався на її класифікації за тією чи іншою ознакою, що відіграло вирішальну роль в організації, побудові, спеціалізації знання і пізнавальної діяльності. Тому класифікація наук як логіко-методологічна, аксіологічна і соціокультурна проблема відображена в багатьох філософських і наукознавчих дослідженнях, які, розглядаючи структуру науки з однієї точки зору і не претендуючи на цілковиту повноту, доповнюють одне одного, подаючи досить широке уявлення про принципи формування, розвитку та функціонування науки.

Багатогранність форм наукових досліджень зумовлює необхідність їх класифікації із врахуванням предмета, характеру, взаємозв'язку різних видів досліджень. При цьому досягають не тільки, теоретичної, а й практичної мети розвитку науки.

Проблема класифікації наук має таку тривалу історію, як і сама наука, тому будь-який науковий аналіз, що прете-

ндує на цілісність, не може уникнути розгляду історії питання, оскільки у кожную історичну епоху наукові знання виконували своєрідні функції. Це було зумовлене рівнем розвитку науки, можливостями суспільства використовувати наявні знання. Вже в добу античності не лише продукувалися нові знання, а й були здійснені спроби класифікації існуючих.

Одним з перших таку спробу здійснив Демокрит (470 чи 460–380 (чи 370 до н. е.), який наукову систему поділяв на три частини: вступну («каноніку» як вчення про істину та її критерії); фізику (науку про різноманітні прояви буття); етику (похідну від фізики). У його класифікації всі розділи були органічно поєднані: «каноніка» належала до фізики як її вихідний розділ, вона мала не логічний характер, а обґрунтовувала правильність обраного системою шляху, захищала основні положення наукової системи від ворожих їй учень. Етика вважалася додатком до фізики.

У контексті проблеми диференціації наукових знань Аристотель порушив питання про необхідність упорядкування самого знання та вироблення мистецтва пізнавальної діяльності. Класифікуючи науки за теоретичним рівнем та історичними умовами їх виникнення, він виокремлював, з одного боку, філософію, математику, фізику, з іншого, – мистецтво та науки, які не слугують ні для насолоди, ні для необхідних потреб.

Це свідчить, що наукове знання він розглядав як самоцінність безвідносно до його можливого практичного застосування. Таким прихильником упорядкування наукового знання у західноєвропейській традиції був реформатор науки Нового часу, англійський філософ і політичний діяч Френсіс Бекон (1561–1626). У своїй праці «Новий органон» він поділяв знання на те, яке вгадує природу, і те, яке тлумачить її, а також прагнув класифікувати всі науки на основі внутрішньої логіки їх розвитку: *«Ми не заперечуємо, що пі-*

сля того як з усіх наук будуть зібрані і розташовані по порядку всі досліді і вони зосередяться у знанні та судженні однієї людини, то з переносу дослідів однієї науки в іншу через той дослід, який ми зовемо науковим, може бути відкрито багато нового – корисного для життя людини». На цих міркуваннях ґрунтується поділ ними наукових досліджень на світоносні і плодоносні.

Класифікація наук, яку запропонував німецький мислитель Фрідріх Енгельс (1820 – 1895), відповідала рівню розвитку знань другої половини ХІХ ст. Розглядаючи принципи матеріальної єдності світу і його невичерпної якісної багатоманітності, він виокремлював науки за описуваними ними формами руху матерії. На цій підставі Енгельс доводив, що класифікація наук, кожна з яких аналізує окрему форму руху або ряд пов'язаних між собою і таких, що переходять одна в одну, форм руху, є одночасно класифікацією, розташуванням, згідно із внутрішньо притаманною їм послідовністю цих форм руху, і в цьому полягає її значення. В основу диференціації наук він поклав принцип об'єктивності, згідно з яким відмінності між науками зумовлені відмінностями в об'єктах їх дослідження. Ними є існуючі форми руху матерії (механічна, фізична, хімічна, біологічна, соціальна).

З виникненням у західній Європі наприкінці ХІХ ст. не-класичної філософії змінилися і критерії класифікації наук. Так, німецький філософ Генріх Ріккерт (1863–1936), прагнучи «показати заплутаність і складність проблеми класифікації наук і всю безпорадність цьому питанні звичайних схем», вважав, що емпіричні науки розпадаються на дві головні групи: природознавство (науки, які вивчають фізики, хіміки, анатоми, фізіологи, біологи, геологи) та науки про культуру (які досліджують теологи, юристи, історики і філологи) тобто суспільні, гуманітарні науки. Усвідомлюючи, що обидві групи наук поєднані між собою багатьма зв'яз-

ками, і заперечуючи їх абсолютне протиставлення, він розглядав і основні розбіжності між ними.

Філософ вважав, що це допоможе віднайти відправні засади для диференціації наук про культуру як молодших за часом виникнення, між якими, на відміну від природничих наук, ще не встановлено тісних зв'язків.

Важливий внесок у класифікацію наук зробив німецький філософ Едмунд Гуссерль (1859–1938). Створюючи феноменологічну філософію, він розрізняв чисту феноменологію як науку про феномени (явища) та інші науки, які також досліджують феномени: психологію – науку про психічні явища, природознавство – науку про фізичні явища (феномени); історію – науку про історичні феномени, культуру – науку про культурні феномени. У цих двох різновидах науки йдеться про феномени різного порядку: конкретні науки є науками про факти, чиста, або трансцендентальна феноменологія обґрунтована не як наука про факти, а як наука про сутності, що має на меті констатувати пізнання сутності.

Е. Гуссерлю належить ще одна класифікація – за характером понять, утворених певними науками. За цією ознакою він поділив всі науки на дескриптивні, які ґрунтуються на описуванні, використовуючи дескриптивні (описові) поняття, і точні науки, які пояснюються за допомогою однозначного, точного визначення. Геометрію та інші математичні науки він назвав точними, а природничі – дескриптивними, хоча й вважав, що вони тісно пов'язані між собою. Та, попри ці зв'язки, жодна з груп наук не може підмінити іншу.

Над проблемами класифікації наукового знання працював і український природодослідник, мислитель Володимир Вернадський (1863–1945), який одним із перших у світовій науці усвідомив важливість теоретичного освоєння проблем наукознавства, дослідження феномену науки засобами самої науки. Його внесок у становлення цієї дисципліни зберігає своє значення дотепер.

Особлива роль належить його праці «Наукова думка як

планетарне явище», у якій В. Вернадський розглядав вузлові проблеми розвитку природознавства, виокремлення та інтеграції його галузей і формування на цій основі нових міждисциплінарних наук (фізична хімія, хімічна фізика, біохімія, біогеохімія та ін.). Будь-яку класифікацію наук він вважав умовною, але необхідною для окреслення визначення предметних галузей їх дослідження.

Традиційною вважається класифікація наук за предметом дослідження, згідно з якою виокремлюють природничі, суспільні, гуманітарні та соціальні науки тощо (рис. 1.3).

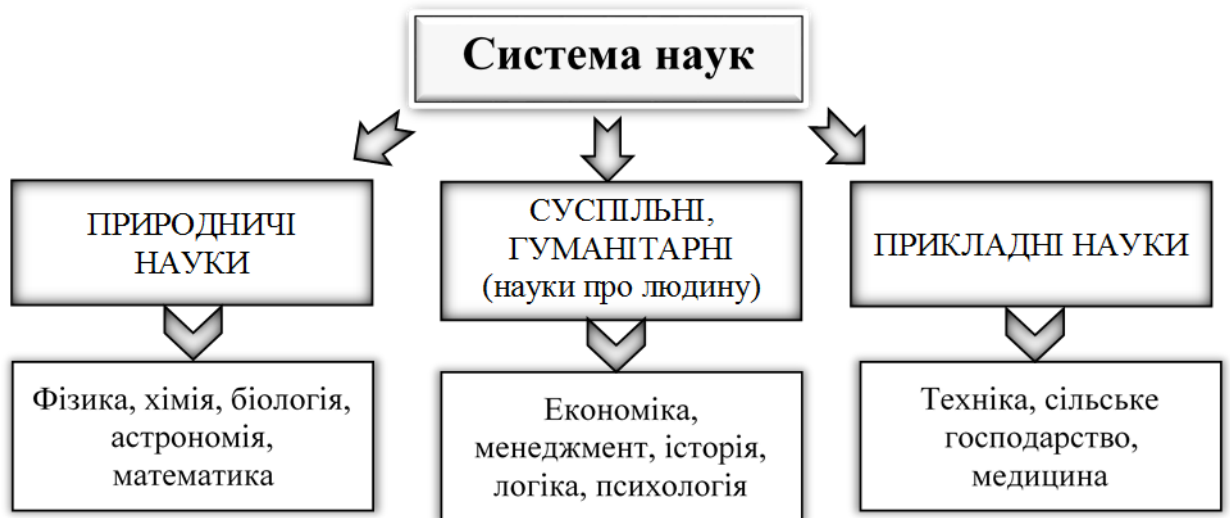


Рис 1.3. Класифікація наук

Іншим прикладом традиційної класифікації наук є їх поділ залежно від пізнання та практичної дії на теоретичні (фізика, хімія, астрономія, біологія, математика та інші) і прикладні (радіотехніка, гірнича справа, агрохімія, медицина тощо). Такий підхід поділяв німецько-американський філософ, соціолог Ерїх Фромм (1900–1980), вважаючи, що науку слід диференціювати за встановленням об'єктивно правильних норм виведення знань. За його твердженням, чисті, тобто теоретичні, науки мають справу з відкриттям фактів і принципів, а прикладні зорієнтовані на практичні

норми, відповідно до яких належить діяти. Метою класифікації наук є розкриття взаємного зв'язку між науками на основі певних принципів і відображення цих зв'язків у вигляді логічно аргументованого розміщення, групування сукупності наук в єдину систему знань і графічного відображення структури взаємозв'язку між ними в різній формі, зокрема, у вигляді таблиць.

Оформлення науки як соціального інституту, відбулося тільки на початку XVIII ст., коли в Європі були створені наукові товариства і академії, а також почали видаватись наукові журнали.

За характером спрямованості і безпосереднього відношення до практики науки прийнято поділяти на *фундаментальні* і *прикладні*.

Завданням фундаментальних наук є пізнання законів, що управляють поведінкою і взаємодією базисних структур природи і суспільства. До них належать: велика група фізико-технічних і математичних наук (математика, ядерна фізика, фізика плазми, фізика низьких температур, кібернетика); хімія і біологія; велика група наук про Землю (геологія, геофізика, фізика атмосфери, води і суші, геоінформаційні системи і технології, аерокосмічні методи досліджень); соціальні науки.

Фундаментальні дослідження поділяються на *вільні* (чисті) і *цілеспрямовані*. Вільні (чисті) дослідження, зазвичай мають індивідуальний характер і очолюються визнаним вченим – керівником роботи. Характерною особливістю цих досліджень є те, що вони наперед не визначають певних цілей, але в принципі спрямовані на отримання нових знань і більш глибоке розуміння навколишнього світу.

Цілеспрямовані дослідження мають відношення до певного об'єкта і проводяться з метою розширення знань про глибинні процеси і явища, що відбуваються в природі, суспільстві, без урахування можливих галузей їх застосування.

І вільні і цілеспрямовані фундаментальні дослідження можуть бути *пошуковими*.

Фундаментальні науки мають значну силу притягіння, їх завдання знаходяться на межі між відомим і неочікуваним, у зв'язку з чим фундаментальні дослідження відрізняються невизначеністю кінцевого результату. Оскільки дослідник, як правило, весь час стоїть на підступах до невідомого, вибір конкретних шляхів фундаментальних досліджень часто визначається інтуїцією, досвідом і внутрішньою логікою розвитку науки.

У свою чергу, фундаментальні науки постійно відкриті для нових ідей і підходів, у них закладена здатність переглянути звичні уявлення про навколишній світ, і, якщо потрібно, відмовитись від них.

Безпосередня мета прикладних наук полягає в застосуванні результатів фундаментальних наук при вирішенні пізнавальних і соціально-практичних проблем.

Прикладні науки можуть розвиватися з перевагою як з теоретичної, так і практичної проблематики. Так, на базі економічної теорії, яка є фундаментальною наукою, розвивається мікро- і макроекономіка, економічний аналіз тощо. Усі ці науки можна віднести до теоретичної прикладної економіки.

На стиках прикладних наук і виробництва розвивається особлива галузь досліджень – так звані розробки, в процесі яких реалізуються результати практичних прикладних наук у вигляді конкретних технологічних процесів, конструкцій, матеріалів.

Як правило, фундаментальні науки в своєму розвитку випереджають прикладні, створюючи для них теоретичну базу.

Класифікація науки є не самоціллю, вона має, окрім наукового значення, також і практичне. Вона є теоретичною основою для багатьох сторін практичної діяльності суспіль-

ства: організації і структури наукових закладів та їх взаємовідносин, планування науково-дослідних робіт та їх взаємозв'язку, особливо тих робіт, які мають комплексний характер; взаємозв'язку теоретичних досліджень з практичними завданнями господарства і нарешті, для бібліотечної класифікації.

Міністерством освіти і науки України затверджена Національна класифікація наук (табл. 1.1). Кожна із цих наук включає декілька груп.

Таблиця 1.1. Національна класифікація наук

№ п/п	Науки	№ п/п	Науки	№ п/п	Науки
1	Фізико-математичні	10	Філологічні	19	Психологічні
2	Хімічні	11	Географічні	20	Воєнні
3	Біологічні	12	Юридичні	21	Нац. безпека
4	Геологічні	13	Педагогічні	22	Соціологічні
5	Технічні	14	Медичні	23	Політичні
6	Сільськогосподарські	15	Фармацевтичні	24	Фізичне виховання й спорт
7	Історичні	16	Ветеринарні	25	Державне правління
8	Економічні	17	Мистецтвознавство		
9	Філософські	18	Архітектура		

Загальні цілі та завдання науки на конкретний період розвитку кожна держава визначає виходячи з їх соціально-економічного і політичного стану. Фундаментальні науки мають розвиватись випереджальними темпами, створюючи теоретичну базу для прикладних наук. У сфері їх розвитку мають знаходитись, насамперед, розробки вітчизняних наукових колективів, що мають світове визнання, а також прикладні дослідження і технології, в яких Україна має значний

науковий, технологічний та виробничий потенціал і які здатні забезпечити вихід вітчизняної продукції на світовий ринок.

Вища освіта, підготовка наукових і науково-педагогічних кадрів має здійснюватися з пріоритетних напрямів наукового і науково-технічного розвитку.

На сьогодні для України пріоритетними є такі напрями прикладних наукових досліджень:

- нетрадиційні джерела енергії;
- дослідження космічного простору, астрономія і астрофізика;
- медицина і медична техніка;
- дослідження в галузі аграрних технологій і сучасних біотехнологій;
- ресурсо- та енергозберігаючі та екологічно безпечні технології;
- нові матеріали та хімічні продукти;
- екологія та раціональне природокористування;
- нові інформаційні технології.

Отже, структура і класифікація науки в Україні спрямовані на подальший розвиток науки і техніки для зростання інтелектуального потенціалу держави та його використання для добробуту людей.

Наукометричні бази

Ефективність наукової діяльності може оцінюватися з використанням як якісних, так і кількісних показників. В основі якісних оцінок лежать висновки експертів. Суб'єктивність подібних оцінок знижує достовірність отримуваних результатів.

Кількісні оцінки засновані на опублікованих даних і патентній інформації: це число публікацій, аналіз частоти їхньої цитованості (індекс цитування), індекс Гірша, імпаکت-фактор наукового журналу, в якому роботи опубліковані, кількість отриманих вітчизняних та міжнародних грантів,

стипендій, вітчизняних та іноземних премій, участь у міжнародному науковому співробітництві, складі редколегій наукових журналів. Із перерахованих вище показників останнім часом найбільший інтерес представляють індекс цитування, індекс Гірша та імпакт-фактор. Міжнародна практика наукометричних досліджень сьогодні базується на використанні наукометричних баз даних.

Наукометрична база даних (НМБД) – це бібліографічна і реферативна база даних з інструментами для відстеження цитованості статей, опублікованих у наукових виданнях.

Індекс цитування – це прийнята в науковому світі міра значущості наукової роботи будь-якого вченого або наукового колективу. Величина індексу цитування визначається кількістю посилань на публікацію або прізвище автора в інших джерелах. Однак для точного визначення значущості наукових праць важливо не тільки кількість посилань на них, але й якість цих посилань.

Індекс Гірша (h-індекс) – кількісна характеристика вченого, заснована на кількості його публікацій і кількості цитувань цих публікацій. Наприклад, вчений має індекс Гірша 5, якщо 5 з його статей цитуються як мінімум 5 разів кожна.

Імпакт-фактор показує, скільки разів у середньому цитується кожна опублікована в журналі стаття протягом двох наступних років після виходу.

Web of Science корпорації Thomson Reuters – найавторитетніша у світі аналітична і цитатна база даних журнальних статей. Це наукометрична база, що дозволяє здійснювати пошук серед понад 12 000 журналів і 148 000 матеріалів конференцій у галузі природничих, громадських, гуманітарних наук і мистецтва, і дає можливість отримати найбільш релевантні дані що нас цікавлять.

Scopus – бібліографічна і реферативна база даних та інструмент для відстеження цитованості статей, опублікованих у наукових виданнях. Індексує 18 тис. назв наукових

видань з технічних, медичних та гуманітарних наук 5 тис. видавців. База даних індексує наукові журнали, матеріали конференцій і серії книжкових видань. Розробником та власником SciVerse Scopus є видавнича корпорація Elsevier.

Список всіх журналів, що входять до НМБД Scopus є на сайті SJR. Знаючи назву журналу, можна знайти його сайт і дізнатися про редакційну політику, вимоги до авторів тощо. На сайті SJR можна відфільтрувати список журналів за країнами.

Російський індекс наукового цитування (РІНЦ) створений Науковою електронною бібліотекою eLIBRARY.RU в рамках проєкту, ініційованого Федеральним агентством з науки та інновацій (Роснаука). РІНЦ – це механізм, що дозволяє оцінити рівень наукового видання на основі формальних і об'єктивних критеріїв. Основним таким критерієм є відносний показник цитування статей, опублікованих у даному журналі, тобто, його імпаکت-фактор.

Index Copernicus (IC) (Польща) – міжнародна наукометрична база даних. Цей сайт включає індексування, ранжування та реферування журналів, а також є платформою для наукової співпраці та виконання спільних наукових проєктів. База даних має кілька інструментів для оцінки продуктивності, що дозволяють відслідковувати вплив наукових робіт і публікацій окремих вчених або наукових установ. На додаток до оцінки продуктивності, індекс Копернікус також пропонує традиційні реферування та індексування наукових публікацій.

1.2 Організація науково-дослідної діяльності в Україні

Розвиток науки і техніки є визначальним чинником прогресу суспільства, підвищення добробуту його членів, їхнього духовного та інтелектуального зростання. Цим зумовлена необхідність пріоритетної державної підтримки

- правову охорону інтелектуальної власності та створення умов для її ефективного використання;
- організацію статистики в науковій діяльності;
- проведення наукової і науково-технічної експертизи виробництва, нових технологій, техніки, результатів досліджень, науково-технічних програм і проєктів тощо;
- стимулювання наукової та науково-технічної творчості, винахідництва та інноваційної діяльності;
- пропагування наукових та науково-технічних досягнень, винаходів, нових сучасних технологій, внеску України у розвиток світової науки і техніки;
- встановлення взаємовигідних зв'язків з іншими державами для інтеграції вітчизняної та світової науки.

При здійсненні державного управління та регулювання науковою діяльністю держава керується принципами:

- органічної єдності науково-технічного, економічного, соціального та духовного розвитку суспільства;
- поєднання централізації та децентралізації управління у науковій діяльності;
- додержання вимог екологічної безпеки;
- визнання свободи творчої, наукової і науково-технічної діяльності;
- збалансованості розвитку фундаментальних і прикладних досліджень;
- використання досягнень світової науки, можливостей міжнародного наукового співробітництва;
- свободи поширення наукової та науково-технічної інформації;
- відкритості для міжнародного науково-технічного співробітництва, забезпечення інтеграції української науки в світову в поєднанні з захистом інтересів національної безпеки.

Організаційна структура управління науковою діяльністю є складною, розгалуженою системою. Державне регу-

лювання і управління розвитком науки здійснюють Верховна Рада України, Кабінет Міністрів України і Президент України. Вищим органом організації науки є Національна академія наук України (НАН України). Сукупність всіх органів влади та наукових установ України формують організаційну структуру науки.

Президент України як глава держави і гарантії державного суверенітету сприяє розвитку науки і техніки з метою забезпечення технологічної незалежності країни, матеріального достатку суспільства і духовного розквіту нації.

Президент України відповідно до Конституції України та законів України:

- визначає систему органів виконавчої влади, які здійснюють державне управління у сфері наукової і науково-технічної діяльності в Україні;
- забезпечує здійснення контролю за формуванням та функціонуванням системи державного управління у сфері наукової і науково-технічної діяльності;
- для здійснення своїх повноважень у науковій і науково-технічній сфері створює консультативно-дорадчу раду з питань науки і науково-технічної політики, яка сприяє формуванню державної політики щодо розвитку науки, визначення пріоритетних науково-технічних напрямів, вироблення стратегії науково-технологічного та інноваційного розвитку, розглядає пропозиції щодо ефективного використання коштів Державного бюджету України, які спрямовуються на розвиток науки, технологій та інновацій, щодо удосконалення структури управління наукою, системи підготовки і атестації кадрів.

Верховна Рада України:

- визначає основні засади і напрями державної політики у сфері наукової і науково-технічної діяльності;
- затверджує пріоритетні напрями розвитку науки і техніки та загально-державні (національні) програми науково-технічного розвитку України;

– здійснює інші повноваження, які, відповідно, до Конституції України віднесені до її відання.

Кабінет Міністрів України як вищий орган у системі органів виконавчої влади:

- здійснює науково-технічну політику держави;
- подає Верховній Раді України пропозиції щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки та її матеріально-технічного забезпечення;
- забезпечує реалізацію загальнодержавних науково-технічних програм;
- затверджує державні (міжвідомчі) науково-технічні програми відповідно до визначених Верховною Радою України пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки.

Одним із основних важелів здійснення державної політики в сфері наукової і науково-технічної діяльності є бюджетне фінансування. Розмір його не може бути менше 1,7% валового внутрішнього продукту України.

Вищим науковим органом держави є Національна академія наук (НАН) України, яка очолює, організовує і здійснює фундаментальні та прикладні дослідження з найважливіших проблем природничих, технічних і гуманітарних наук, а також координує здійснення фундаментальних досліджень у наукових установах та організаціях незалежно від форм власності.

Національна академія наук України (*НАН України*) – вища наукова установа України з самоврядною організацією. НАНУ об'єднує дійсних членів, членів-кореспондентів та іноземних членів, а також всіх наукових працівників, що працюють у її наукових установах, здійснюючи дослідження у галузі природничих, гуманітарних, суспільних та технічних наук. На кінець 2013 р. в НАН України працювало 40211 співробітників, з них 19292 – науковці. Керівні органи НАН України перебувають у Києві.

Назва Академії неодноразово зазнавала змін. У 1918–1921 рр. вона іменувалася Українська академія наук (УАН),

з 1921 по 1936 р. – Всеукраїнська академія наук (ВУАН), у 1936–1991 рр. – Академія наук Української РСР, з 1991 по 1993 р. – Академія наук України, а з 1994 р. – Національна академія наук України.

Українську академію наук засновано за указом гетьмана Павла Скоропадського і урочисто відкрито 24 листопада 1918 року. Її було створено самоврядною установою, яка одразу складалася з 45 установ: 15 інститутів, 14 постійних комісій, 6 музеїв, 2 кабінети, 2 лабораторії, Ботанічний та Акліматизаційний сади, Астрономічна обсерваторія, Біологічна станція, бібліотека, друкарня та архів. Видання Академії повинні були друкуватися українською мовою. Статут підкреслював загальноукраїнський характер УАН: її дійсними членами могли бути не тільки громадяни Української Держави, але й українські вчені Західної України (що тоді входила до складу Австро-Угорщини). Іноземці теж могли стати академіками, але за постановою 2/3 дійсних членів УАН. Президію та перших академіків (по три на відділ) призначив уряд, у подальшому членів мали обирати ці академіки.

Керівництво НАН України здійснює її Президент, який вибирається загальними зборами вчених.

Найвищим керівним органом НАН України є *Загальні збори її членів*. Станом на листопад 2013 р. до складу НАН України входять 199 дійсних членів (академіків), 366 членів-кореспондентів та 108 іноземних членів.

Дійсними членами НАН за її статутом можуть бути обрані науковці, які зробили видатний внесок у розвиток певного напрямку науки. Членами-кореспондентами НАН обирають вчених, які збагатили науку визначними здобутками. У жодних нормативних документах НАН немає уточнення щодо сутності «*видатного внеску*» чи «*визначних здобутків*». Іноземними членами НАН можуть бути обрані науковці, які є громадянами інших держав, наукові праці яких визнані міжнародним співтовариством та які здійснили внесок

у розвиток міжнародних зв'язків НАН України. Члени НАН України обираються довічно.

У період між сесіями Загальних зборів керівництво роботою Академії здійснює Президія НАН України, приміщення якої представлено на (рис. 1.4).

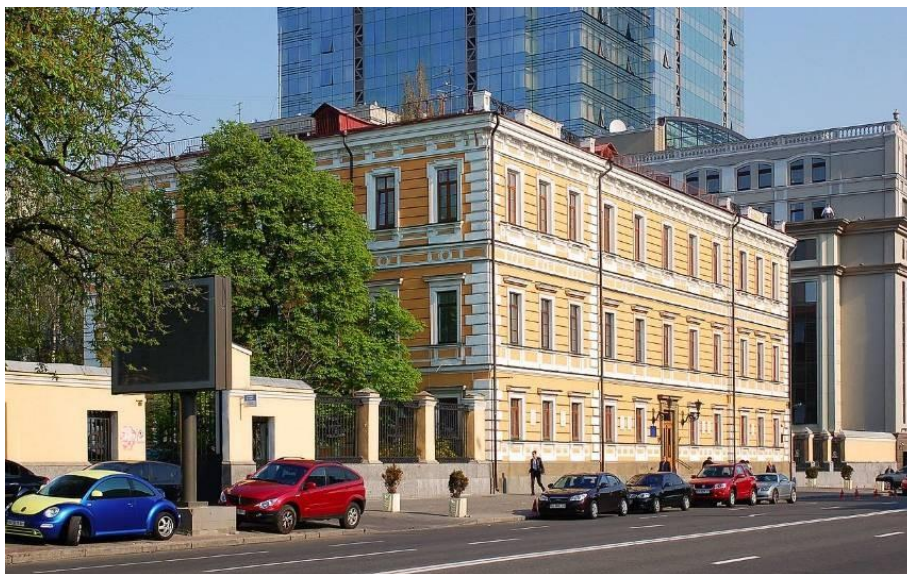


Рис. 1.4. Приміщення Президії НАН України на вулиці Володимирській № 54 у Києві

Президія обирається Загальними зборами строком на п'ять років. До Президії входять Президент НАН, віце-президенти, академіки-секретарі відділень наук і голови регіональних наукових центрів.

При Національній академії наук України створюється Міжвідомча рада з координації фундаментальних досліджень в Україні (далі – Рада). Положення про Раду та її склад затверджуються Кабінетом Міністрів України.

НАН складається із ряду відділів відповідних галузей наук. Крім галузевих, є і територіальні відділи (Донецький, Західний, Південний) і територіальні філії. Галузеві відділи НАН об'єднують науково-дослідні інститути. Крім НАН в Україні функціонують державні галузеві академії наук – Українська академія аграрних наук, Академія медичних

наук України, Академія педагогічних наук України, Академія правових наук України, Академія мистецтв України (далі – академії), які є державними науковими організаціями, заснованими на державній власності.

Кошти на забезпечення діяльності академій щорічно визначаються у Державному бюджеті України окремими рядками. Фінансування академій може здійснюватися за рахунок інших джерел, не заборонених законодавством України.

Галузеві академії координують, організують і проводять дослідження у відповідних галузях науки і техніки.

Держава передає академіям у безстрокове безоплатне користування без права зміни форми власності основні фонди, а також обігові кошти. Використання майна, переданого академіям, здійснюється ними відповідно до законодавства та статутів академій. Земельні ділянки надаються академіям у постійне користування відповідно до земельного законодавства України.

Академії здійснюють свою діяльність згідно з законодавством України та своїх статутів, які приймаються загальними зборами академій та затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Загальні збори Національної академії наук України та галузевих академій наук мають виключне право вибирати вчених України дійсними членами (академіками) та членами-кореспондентами, а іноземних вчених – іноземними членами відповідних академій.

До складу академій можуть входити наукові установи, підприємства, організації, об'єкти соціальної сфери, що забезпечують їх діяльність.

Державне управління у сфері наукової і науково-технічної діяльності академій здійснюється згідно з законодавством України у межах, що не порушують їхньої самоврядності у вирішенні питань статутної діяльності і свободи наукової творчості.

Самоврядність академій полягає у самостійному визначенні тематики досліджень, своєї структури, вирішенні науково-організаційних, господарських, кадрових питань, здійсненні міжнародних наукових зв'язків.

Академії виконують замовлення органів державної влади щодо розроблення засад державної наукової і науково-технічної політики, проведення наукової експертизи проєктів державних рішень і програм.

Академії щорічно звітують перед Кабінетом Міністрів України про результати наукової і науково-технічної діяльності та використання коштів, виділених їм із Державного бюджету України.

При Президентові України створена Рада з питань науки та науково-технічної політики як консультативно-дорадчий орган, з метою сприяння формуванню державної політики щодо розвитку науки, визначенню пріоритетних напрямів, розробці стратегії технологічного розвитку, удосконаленню структури управління наукою та системи підготовки і атестації кадрів.

Основними завданнями Ради є:

- розроблення пропозицій щодо державної політики у сфері наукової та науково-технічної діяльності, інтелектуальної власності та трансферту технологій;
- оцінка стану науки та техніки в Україні;
- експертиза проєктів законів України, актів Президента України, Кабінету Міністрів України з питань наукової та науково-технічної діяльності, інтелектуальної власності та трансферту технологій;
- аналіз проєктів національних та державних науково-технічних програм, пропозицій щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, основних засад та напрямів кадрової політики, підготовки, атестації наукових кадрів, міжнародного співробітництва з цих питань, поліпшення соціального захисту науковців та піднесення суспільного престижу їх праці;

- сприяння координації діяльності академій наук, закладів вищої освіти, галузевих науково-дослідних інститутів, підприємств, установ та організацій у сфері наукової та науково-технічної діяльності;

- розроблення пропозицій щодо створення цивілізованого ринку об'єктів інтелектуальної власності в Україні;

- підготовка пропозицій щодо фінансування наукової та науково-технічної діяльності, аналіз ефективності використання коштів, що виділяються для цього.

Раду очолює Президент України.

Для підтримки фундаментальних наукових досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук, що провадяться науковими установами, закладами вищої освіти, вченими, створюється Державний фонд фундаментальних досліджень (далі – Фонд).

Основними завданнями Фонду є:

- фінансова підтримка на конкурсних засадах фундаментальних наукових досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних та гуманітарних наук, що виконуються науковими колективами або окремими вченими;

- сприяння науковим контактам та розповсюдження інформації в галузі фундаментальних наукових досліджень в Україні та за кордоном;

- підтримка міжнародного наукового співробітництва в галузі фундаментальних наукових досліджень.

Діяльність Фонду регулюється Положенням, яке затверджується Кабінетом Міністрів України.

Головним завданням галузевих міністерств, інших центральних органів виконавчої влади з проблем науково-технологічного та інноваційного розвитку є розроблення та реалізація єдиної науково-технологічної політики відповідної галузі, здійснення функцій державного замовника в частині використання коштів державного бюджету, що надаються на підтримку науково-технічного розвитку галузей, та фун-

кцій розпорядника галузевих фондів, проведення експертизи наукових результатів, організація і проведення моніторингу інноваційної діяльності підприємств та установ своєї галузі незалежно від їх підпорядкованості.

Вчені для цілеспрямованого розвитку відповідних напрямів науки, захисту фахових інтересів, взаємної координації науково-дослідної роботи, обміну досвідом, об'єднуються в наукові громадські організації, які підлягають реєстрації та діють відповідно до законодавства про об'єднання громадян.

Громадські наукові організації можуть створювати тимчасові наукові колективи, утворювати для виконання статутних завдань науково-дослідні, проєктно-конструкторські, експертні, консалтингові, пошукові організації, співпрацювати з іноземними та міжнародними організаціями, бути колективними членами міжнародних науково-фахових об'єднань, спілок, товариств відповідно до законодавства України.

Органи державної влади можуть залучати громадські наукові організації за їхньою згодою до участі у підготовці та реалізації рішень щодо наукової і науково-технічної діяльності, наукової і науково-технічної експертизи, науково-технічних програм, проєктів і розробок та у взаємодії з ними інформувати населення про безпеку, екологічну чистоту, економічну та соціальну значущість, екологічні та соціально-економічні наслідки реалізації відповідних програм, проєктів і розробок.

Основними виробниками і носіями знання в суспільстві виступає наука в цілому, тобто її організаційна структура та окремі вчені, дослідники. В Україні діє розгалужена мережа наукових організацій.

Суб'єктами наукової і науково-технічної діяльності є: вчені, наукові працівники, науково-педагогічні працівники, а також наукові установи, наукові організації, заклади вищої освіти III-IV рівнів акредитації, громадські організації.

Вчений є основним суб'єктом наукової і науково-технічної діяльності.

Він має право: обирати форми, напрями і засоби наукової і науково-технічної діяльності відповідно до своїх інтересів, творчих можливостей та загально-людських цінностей; об'єднуватися з іншими вченими в постійні або тимчасові наукові колективи для проведення спільної наукової і науково-технічної діяльності; брати участь у конкурсах на виконання наукових досліджень, які фінансуються за рахунок коштів Державного бюджету України та інших джерел; здобувати визнання авторства на наукові і науково-технічні результати своєї діяльності; публікувати результати своїх досліджень або оприлюднювати їх іншим способом; брати участь у конкурсах на заміщення вакантних посад наукових і науково-педагогічних працівників; отримувати, передавати та поширювати наукову інформацію; здобувати державне і громадське визнання через присудження наукових ступенів, вчених звань, премій, почесних звань за внесок у розвиток науки, технологій, впровадження наукових, науково-технічних результатів у виробництво та за підготовку наукових кадрів.

Науковий працівник може виконувати науково-дослідну, науково-педагогічну, дослідно-конструкторську, дослідно-технологічну, проєктно-конструкторську, проєктно-технологічну, пошукову, проєктно-пошукову роботу та (або) організовувати виконання зазначених робіт у наукових установах та організаціях, закладів вищої освіти III–IV рівнів акредитації, лабораторіях підприємств.

Наукова установа діє на підставі статуту (положення), що затверджується в установленому порядку.

Вчена (наукова, науково-технічна, технічна) рада наукової установи є колегіальним дорадчим органом управління науковою і науково-технічною діяльністю наукової установи.

Вчена (наукова, науково-технічна, технічна) рада наукової установи: визначає перспективні напрями наукової і науково-технічної діяльності; здійснює наукову і науково-технічну оцінку тематики та результатів науково-дослідних робіт; розглядає та затверджує поточні плани наукових досліджень; затверджує теми дисертацій здобувачів та аспірантів, їх наукових керівників (консультантів); затверджує результати атестації наукових працівників; обирає за конкурсом на вакантні посади наукових працівників; у межах своєї компетенції розглядає питання про присвоєння вчених звань; вирішує інші питання діяльності наукової установи, визначені її статутом (положенням).

Для надання державної підтримки науковим установам усіх форм власності, діяльність яких має важливе значення для науки, економіки та виробництва, створюється Державний реєстр наукових установ, яким надається підтримка держави. Положення про Державний реєстр наукових установ затверджується Кабінетом Міністрів України.

Наукові установи включаються Міністерством освіти і науки України до Державного реєстру наукових установ за умови проходження державної атестації.

Наукові установи, включені до Державного реєстру наукових установ:

- користуються податковими пільгами відповідно до законодавства України;
- не можуть змінювати наукову і науково-технічну діяльність на інші види діяльності;
- зобов'язані не менш як 50 відсотків доходу від своєї діяльності спрямовувати на проведення ініціативних науково-дослідних робіт та розвиток дослідницької матеріально-технічної бази.

Статус національного наукового центру може бути надано науковій установі, закладу вищої освіти IV рівня акредитації (об'єднанню наукових установ чи закладів вищої

освіти IV рівня акредитації), що проводять комплексні наукові дослідження загальнодержавного значення та мають світове визнання своєї діяльності.

1.3 Мета і завдання науково-дослідної роботи студентів

Науково-дослідна робота студентів є найбільш ефективним методом підготовки якісно нових фахівців у вищій школі. Вона максимально розвиває творче мислення, індивідуальні здібності, дослідницькі навички студентів, дозволяє здійснювати підготовку ініціативних фахівців, розвиває наукову інтуїцію, глибину мислення, творчий підхід до прийняття знань і практичне застосування їх для вирішення задач і наукових проблем, а також виховує у студентів уміння працювати в колективі.

Зростаючі вимоги науки, техніки, виробництва, інтереси соціального та культурного прогресу обумовили перетворення науково-дослідницької роботи студентів у закладах вищої освіти (ЗВО) країни в об'єктивну необхідність і закономірну особливість удосконалення вищої школи сьогодні.

Основні цілі науково-дослідної роботи:

- ✓ прищеплювання студентам навички проведення і постановки самостійних наукових досліджень, вироблення творчого підходу до вирішення наукових проблем, що постають перед ними, освоєння методів самостійної роботи з науковою літературою, поглиблення і розвиток знань, їх практичне застосування;

- ✓ залучення найбільш здібних студентів до вирішення науково-технічних проблем, що мають безпосередній вихід у народне господарство;

- ✓ можливість обґрунтованого вибору студентами наукового напрямку, де б найбільш яскраво могли виявлятися їх творчі здібності;

- ✓ виховання вже в стінах вузів резерву вчених, дослідників, викладачів, формування потенціалу майбутньої науки;
- ✓ прискорення професійного становлення майбутніх фахівців;
- ✓ придбання студентами вмій та навичок роботи в колективі, виховання у студентів почуття колективізму та відповідальності;
- ✓ сприяння науково-технічному прогресу шляхом участі в розробці актуальних проблем науки, техніки, культури.

Головною метою виконання НДРС є формування у студентів професійних навичок інженера-організатора виробництва. В процесі роботи над НДР студент освоює методику техніко-економічних досліджень, здобуває досвід самостійної наукової праці, вчиться умінню текстового, графічного і табличного оформлення роботи у вигляді звіту, виступає на семінарах студентської наукової конференції, вчиться грамотно, чітко і лаконічно викладати в усній формі результати виконаної роботи і захищати свою точку зору; вивчаючи основи організації і планування наукових досліджень, застосовує ці знання в процесі виконання НДР, намагаючись планомірно організувати свою працю, точно і з мінімальними витратами часу виконувати обчислення, ефективно використовувати методи аналітичного і графічного аналізу, методи експертних оцінок, прийоми планування експерименту, методи побудови монограм.

До числа загальних факторів розвитку НДРС у вищій школі правомірно віднести такі: рівень і характер суспільно-економічного розвитку продуктивних сил і виробничих відносин суспільства, ступінь розвитку суспільних відносин; політичних відносин; рівень суспільної свідомості, вплив науково-технічного прогресу на сферу соціально-економічного життя суспільства, рівень розвитку науки та зростання її ролі в ефективності підготовки фахівців.

Специфічними факторами, що впливають на науково-дослідницьку роботу студентів, можна вважати: постійне зростання наукового потенціалу вищої школи; розширення фундаментальних і прикладних досліджень у закладах вищої освіти на основних напрямках науки; зростання значення творчих функцій фахівців в умовах науково-технічної революції; наявність і переоснащення матеріально-технічної бази вузів для забезпечення масової участі студентів у науково-технічній творчості; широке впровадження в освітній процес елементів дослідження і самостійної роботи студентів.

При аналізі НДРС виявляються наступні фактори, що впливають на розвиток студентської науки безпосередньо в кожному ЗВО:

- 1) наявність висококваліфікованих професорсько-викладацьких і наукових кадрів, зайнятих науковими дослідженнями і здійснюючих керівництво студентською науковою працею;
- 2) рівень і обсяг проведених наукових досліджень;
- 3) ступінь придатності студентів до наукових досліджень, проведених у ЗВО;
- 4) прямий науковий зв'язок ЗВО з науково-дослідницькими закладами, промисловими підприємствами та організаціями;
- 5) безупинне удосконалення освітнього процесу з урахуванням новітніх досягнень сучасної науки і техніки, нових методів і технічних засобів навчання;
- 6) пропаганда студентської науки, що сприяє залученню до науково-технічної роботи кожного студента.

У ЗВО України існують два напрямки науково-дослідницької роботи студентів: науково-дослідницька та навчально-дослідницька робота студентів, що здійснюється в процесі навчання, та позааудиторна НДРС.

У системі підготовки творчих, висококваліфікованих фахівців важливу роль, як уже було сказано, відіграє оптимальне

сполучення творчої, наукової і практичної підготовки студентів. Найбільш ефективним засобом втілення цього комплексу в освітній процес є НДРС, введена в освітній процес, яка, власне кажучи, є його невід'ємною частиною. Її основна мета полягає в практичному закріпленні теоретичних знань студентів, формуванні їхнього творчого мислення, придбанні навичок самостійного проведення наукових досліджень і т.д.

Процес творчого формування фахівців проходить кілька етапів. На першому етапі науково-дослідницька робота передбачається навчальними планами і є обов'язковим видом знань.

Введення елементів дослідження при виконанні практичних і лабораторних робіт під час проходження виробничої практики перетворилося на провідну форму НДРС. Вона дозволяє перенести акцент навчання як процесу пасивного, репродуктивного засвоєння знань на навчання як активне, продуктивне пізнання, розвиток пізнавальної активності, творчого мислення, наукової ерудиції, придбання студентами навичок і методів ведення наукової праці та експериментальних досліджень.

Практика свідчить про велику ефективність цієї форми роботи, що забезпечує найбільш масове залучення студентів до наукової праці, яка проводиться професорсько-викладацьким складом ЗВО, сприяючи перетворенню її в обов'язковий елемент освітнього процесу.

1.4 Види і форми науково-дослідної роботи студентів

Критерієм дієвості вищої школи є те, наскільки широко використовується її науковий потенціал, спрямований на вирішення найважливіших соціальних та економічних завдань, наскільки активно і успішно в науково-дослідній роботі бере участь студентська молодь. Науково-дослідна робота студентів є обов'язковою, органічною, невід'ємною

частиною підготовки спеціалістів в університеті і входить до числа основних задач університету, що вирішуються на основі єдності освітнього і наукового процесів.

Розвиток наукових досліджень у вищій школі безпосередньо впливає на якість освітнього процесу, оскільки вони модифікують не лише вимоги до рівня знань студентів, а й сам процес навчання та його структуру, підвищуючи ступінь підготовки майбутніх фахівців, розширюючи їхній творчий і практичний кругозір.

Організація наукової діяльності у вищій школі передбачає поліпшення якості підготовки фахівців, здатних після закінчення закладу вищої освіти самостійно вирішувати серйозні наукові завдання, бути на рівні з передовими ідеями наукової теорії та практики. Тому саме тут важливо прищепити студентам смак до наукових досліджень, привчити їх уже на цьому етапі мислити самостійно.

Таким чином, використання результатів наукових досліджень у вищій школі не лише змінює зміст і сенс самих наукових дисциплін, а й підказує нові форми і методи проведення освітнього процесу.

Результати науково-дослідної роботи відбиваються в нових курсах, лекціях і практичних (семінарських) заняттях. Як свідчить практика, захоплення науковими дослідженнями робить для студентів дисципліни, які вивчаються, предметними, стимулюючи їх засвоєння. При цьому якість засвоєння теоретичного матеріалу значно підвищується, що відбивається на скороченні часу, необхідного для засвоєння нової інформації. Такий взаємозв'язок дозволяє студентам успішно виконувати напружену навчальну програму, самостійно вивчати додаткову літературу й водночас робити перші кроки в науці.

Залучення студентів факультетів до наукової творчості, організація студентської науково-дослідної роботи – важлива складова підготовки висококваліфікованих фахівців.

Тому кожен студент з перших днів свого навчання в університеті повинен активно розвивати свої творчі здібності, здобувати необхідні навички проведення самостійного наукового процесу, оволодівати сучасними методами науково-дослідної роботи.

Науково-дослідна робота студентів – це своєрідний творчий процес, який потребує наявності цілої низки здібностей, умінь і навичок, а саме: творчого мислення, глибокого проникнення в суть фактів і явищ з використанням законів мислення. В Україні система організації НДРС створювалася на підґрунті інтенсивного розвитку у закладах вищої освіти наукової роботи, розширення їхньої мережі, зміцнення їхніх творчих зв'язків з підприємствами, галузевими науково-дослідними інститутами, а також дослідними інститутами Національної Академії наук України та зарубіжних країн. Головною *метою* організації і розвитку системи НДРС є підвищення рівня наукової підготовки спеціалістів з вищою професійною освітою і виявлення талановитої молоді для подальшого навчання і поповнення педагогічних і наукових кадрів закладів вищої освіти, науково-дослідних організацій і установ.

Основними завданнями НДРС є:

- забезпечення інтеграції навчальних занять і науково-дослідної роботи студентів;
- створення умов для розкриття і реалізації особистісних творчих здібностей студентської молоді;
- відбір талановитої молоді, яка проявила здібності та прагнення до наукової і педагогічної діяльності;
- розширення масовості і підвищення результативності участі студентів у науковій діяльності, шляхом залучення студентів до досліджень з пріоритетних напрямів науки, що пов'язані з сучасними потребами суспільства і держави;
- розвиток наукових міжвузівських зв'язків як в Україні, так і з країнами близького і дальнього зарубіжжя.

Науково-дослідна робота студентів є *комплексною системою*, що має забезпечити безперервну участь студентів у науковій роботі протягом всього періоду навчання. Важливою ознакою комплексності виступає наступність її методів і форм від курсу до курсу, від кафедри до кафедри, від однієї навчальної дисципліни до іншої, від одних видів навчальних занять до інших. При цьому необхідно, щоб обсяг і складність набутих студентами в процесі наукової роботи знань, вмінь, навичок зростала поступово.

Так, наприклад, на першому і другому курсах метою і основним змістом всієї роботи має бути формування у студентів у ході загальнонаукової підготовки перспективних навичок, умінь і набуття елементарних знань щодо виконання наукової роботи, навчання основам самостійної роботи, розвиток нестандартного мислення. Тут можуть бути корисними реферативна робота і елементи наукових досліджень у ході лабораторних і практичних робіт.

На третьому курсі, у ході загальної і спеціальної підготовки, виконанні самостійних невеликих досліджень і завдань творчого характеру, відбувається формування спеціальних дослідницьких навичок, поглиблення знань методів, методик, технічних засобів виконання досліджень і обробки результатів. Ускладнюються задачі і форми наукових досліджень, збільшується їх обсяг. Робота набуває більш яскравого творчого характеру.

На четвертому курсі і, особливо, в магістратурі подальше формування, закріплення і удосконалення знань, вмінь і навичок, розвиток творчого мислення і підходу до вирішення конкретних задач, вміння самостійно приймати і реалізовувати рішення конкретних задач, використання отриманих знань на практиці має відбуватися, головним чином, в процесі самостійної науково-дослідної роботи студентів за індивідуальними завданнями. Тому слід студентам мати у своєму активі участь у конференціях, конкурсах усіх рівнів.

Організація науково-дослідної роботи студентів здійснюється під керівництвом і контролем з боку ректорату, деканату, завідувачів кафедр. Найважливіша роль в її постановці належить Раді молодих вчених (РМУ), що об'єднує студентів, які займаються науково-дослідною діяльністю. Основними завданнями РМУ є організація спільно з кафедрами студентських наукових гуртків, різних видів бюро, використання різноманітних форм проведення наукової роботи студентів. У межах роботи РМУ проводяться студентські наукові конференції, конкурси, виставки студентських наукових робіт, студенти залучаються до лекційної, просвітницької діяльності поза межами університету.

Наукова діяльність студентів поділяється на навчально-дослідну роботу, тобто роботу, що включається до навчального процесу, та науково-дослідну роботу, що виконується в позааудиторний час.

Навчально-дослідна робота студентів

Головне завдання навчально-дослідної роботи студентів – поглиблення й творче освоєння навчального матеріалу, набуття студентами навичок самостійної теоретичної та експериментальної роботи, ознайомлення з сучасними методами наукових досліджень, технікою експерименту, реальними умовами роботи у наукових та виробничих колективах. Навчально-дослідна робота студентів починається на другому курсі навчання з ознайомлення студентів з теоретичними засадами постановки, організації та виконання наукових досліджень, з методикою вивчення наукової літератури, планування і проведення експерименту, обробки наукових даних тощо.

Навчально-дослідна робота студентів передбачає:

- написання рефератів на основі добору і вивчення таких джерел наукової літератури як: окремі розділи монографій, наукові статті вітчизняних і зарубіжних авторів;

- виконання практичних і домашніх завдань, контрольних робіт, що містять елементи наукових досліджень і вимагають від студентів ознайомлення з достатньо широким колом літератури, використання комп'ютерної та іншої техніки;

- підготовку і захист курсових, дипломних і магістерських робіт, пов'язаних з проблематикою наукових досліджень спеціальних кафедр, науково-дослідної частини університету;

- виконання конкретних нетипових завдань науково-дослідного характеру в період навчальної, виробничої, асистентської практики, індивідуальних завдань, спрямованих на розробку і вирішення різних конкретних проблем.

Отже, навчально-дослідна робота студентів охоплює майже всі головні форми навчальної роботи та передбачає активну участь студентів в їх здійсненні, спрямовує студентів на творче вирішення актуальних наукових і виробничих завдань, а також передбачає активне включення студентів у діяльність тих установ, організацій, в яких їм доведеться працювати після закінчення університету.

Участь у навчально-дослідній діяльності, що включена до навчального процесу, є обов'язковою для кожного студента. Навчально-дослідну роботу планують та організовують як загальнонаукові, так і спеціальні кафедри університету у ході вивчення загальних і спеціальних дисциплін, що викладаються на кафедрах. У ході вивчення саме цих дисциплін студент у великих обсягах виконує практичні завдання, проходить навчальну, виробничу практику, пише контрольні, курсові, дипломні та магістерські роботи.

На молодших курсах студенти пишуть реферати, тему яких вони можуть обирати самостійно із запропонованих кафедрами переліків тем. Працюючи над цими рефератами, вони вивчають спеціальну літературу, статті з фахових журналів. Ці реферати часто слугують основою виступів сту-

дентів з доповідями на семінарах, науково-практичних студентських конференціях.

Починаючи з другого курсу і на наступних, завдання науково-дослідного характеру, переважно, вводяться до семінарських і практичних занять, до програми навчальної та виробничої практики, до контрольних і курсових робіт. Їхня складність поступово зростає. Завдання, що виконуються в межах навчально-дослідної роботи студентів, у першу чергу спрямовані на активну участь студентів у роботі за науковими темами, у розв'язанні проблем, над якими працюють випускаючі кафедри, а також факультет в цілому. При цьому особлива увага приділяється залученню студентів до збирання, аналізу і узагальнення матеріалів, постановки та проведення наукових експериментів, підготовки наукових доповідей і повідомлень.

Особливо широких можливостей студенти набувають для виконання як індивідуальних, так і колективних завдань науково-дослідного характеру під час виробничої практики. Тут вони можуть бути залучені до збирання та узагальнення матеріалів, пошуку архівних документів тощо.

Студенти у курсових роботах із загальнотеоретичних та спеціальних дисциплін використовують елементи наукових досліджень у формі наукового пошуку, готують огляд літератури і розробляють пропозиції, що містять елементи новизни з теми роботи; узагальнюють передовий практичний досвід, застосовують економіко-математичні методи, комп'ютерну та організаційну техніку, інформаційні технології. Проблеми наукового пошуку, відображені у курсових роботах студентів, мають знайти своє продовження у дипломній роботі, а також бути частиною наукової тематики відповідної кафедри.

У дипломній роботі повинні мати місце елементи дослідницького пошуку, що характеризує здатність і підготовленість студента теоретично осмислити актуальність обра-

ної теми, її науково-прикладну цінність, можливість проведення самостійного наукового дослідження і застосування отриманих результатів у практичній діяльності базового підприємства, за матеріалами якого виконувалось дослідження.

Тому тематика дипломних робіт має бути тісно пов'язана з тематикою науково-дослідних робіт кафедри, з інтересами підприємства, на базі якого студент виконує дипломну роботу, бути частиною госпдоговірної науково-дослідної тематики кафедри, факультету закладу вищої освіти (рис. 1.5).

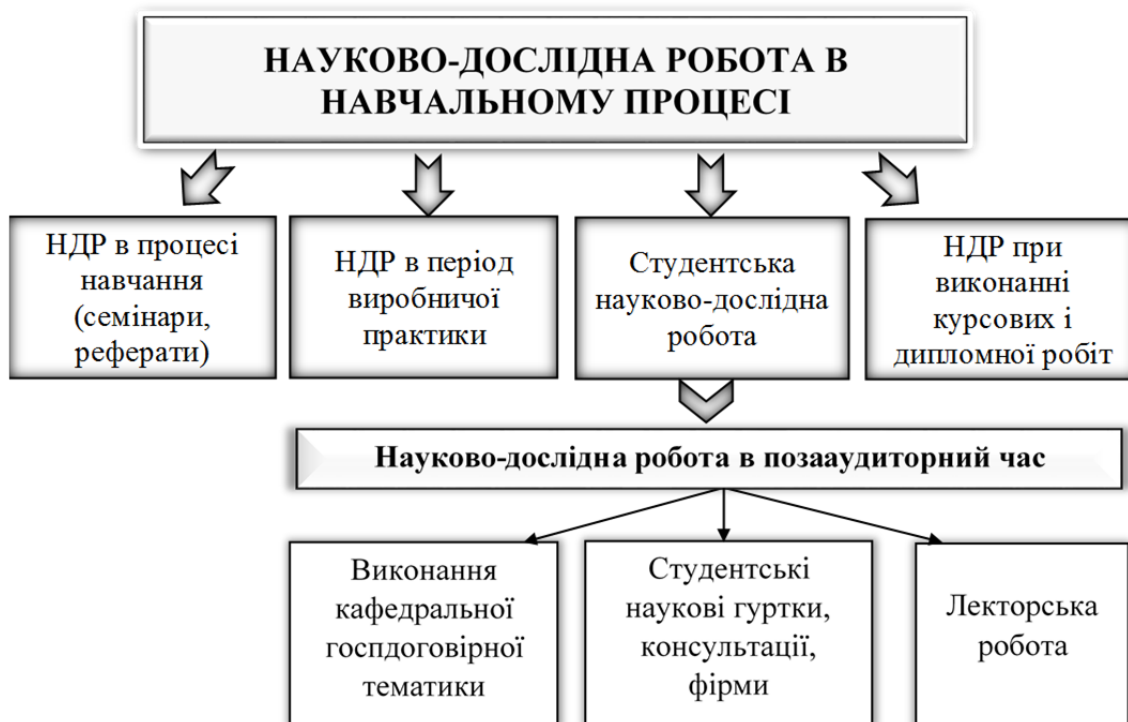


Рис. 1.5. Система науково-дослідної роботи студентів

Кожний студент під час навчальної та виробничої практики, крім загального завдання, передбаченого програмою практики, виконує відповідно до своєї спеціальності завдання дослідного характеру, які видає випускаюча кафедра. Виконання завдання відображається в щоденнику в окремому розділі звіту про проходження практики і може

використовуватись при підготовці доповідей на конференції, інформаційних семінарах, при написанні курсових та дипломних робіт.

Науково-дослідна робота студентів

Головними напрямками організації НДРС можуть бути такі:

- підвищення якості освітнього процесу за рахунок спільної участі студентів і викладачів у виконанні різних науково-дослідних робіт;
- участь студентів у проведенні прикладних, пошукових і фундаментальних наукових дослідженнях;
- підтримка і розвиток наукових шкіл вузів в руслі наступності поколінь;
- розвиток у студентів здатності до самостійних обґрунтованих наукових суджень і висновків;
- наданням студентам можливостей в процесі навчання спробувати свої сили у різних напрямках сучасної науки.

Завданнями науково-дослідної роботи є:

- навчання студентів методиці і засобам самостійного вирішення наукових завдань, навичкам роботи в наукових колективах;
- ознайомлення з методами організації творчої роботи;
- сприяння успішному розв'язанню актуальних проблем науки та соціального розвитку суспільства.

НДРС, виступаючи продовженням і поглибленням навчально-дослідної роботи, надає студенту можливість виявити творчу ініціативу, перевірити у ході виконання практичних і лабораторних робіт (на практиці) вивчений матеріал, вчить збирати, систематизувати, аналізувати та узагальнювати його, самостійно вести науково-дослідну роботу.

Форми організації і проведення НДРС в університеті різні й передбачають:

- роботу студентів у наукових гуртках, що організовуються загальнонауковими і спеціальними кафедрами;

- участь студентів групами або в індивідуальному порядку в науково-дослідних темах професорсько-викладацького складу факультету;
- роботу у студентських наукових бюро, творчих студіях, майстернях;
- лекторську роботу з розповсюдження знань у галузі науки та культури;
- роботу на громадських засадах як викладачів різних професійних шкіл, що створюються при факультеті;
- участь студентів у наукових організаційно-масових і змагальних заходах різного рівня (кафедральні, факультетські, регіональні, всеукраїнські, міжнародні), що стимулюють розвиток як системи НДРС, так і творчість кожного студента. До них відносяться: наукові семінари, конференції, симпозіуми, конкурси наукових і навчально-дослідницьких робіт студентів, олімпіади з дисциплін та спеціальностей.

Найбільш поширеною формою НДРС можуть бути студентські *наукові гуртки й проблемні (наукові) семінари*. Кожен з них являє собою невеликий (5–6 осіб) творчий колектив студентської молоді, який працює над однією проблемою чи темою з певними фрагментами. Кожним науковим гуртком керує професор або викладач профільної кафедри, а його помічником є староста гуртка, який обирається студентами. Наукові гуртки та проблемні семінари працюють за планами, що складаються щорічно.

Зміст роботи наукових гуртків може включати такі різновиди:

- складання рефератів та анотацій на вітчизняну та зарубіжну наукову літературу; написання рецензій на статті та книги; підготовка оглядів літератури з певної проблеми або теми;
- підготовка наукових доповідей і повідомлень на основі збирання, вивчення та узагальнення документальних і літературних джерел, виявлення та аналіз архівних документів з теми дослідження;

- підготовка наочних посібників, збирання матеріалу для оформлення стендів у навчальних кабінетах і на кафедрах;
- підготовка до публікації наукових статей у студентських кафедральних і факультетських збірниках наукових праць.

Якщо на перших курсах навчання в університеті науково-дослідна робота студентів реалізовується переважно у вигляді рефератів і доповідей, то на старших курсах й, особливо випускних, студентські наукові гуртки та проблемні групи зосереджують свою увагу на дослідженні сучасних актуальних наукових проблем.

Плідною є також така форма НДРС, як залучення студентів до виконання науково-дослідних робіт, що проводяться за планами кафедр і факультету в цілому. Це дозволяє студентам набувати, крім професійних знань, ще й навичок ділового, професійного спілкування в конкретному науковому колективі.

У межах НДРС на факультеті можуть створюватися лекторські бюро, школи молодого лектора тощо. У лекторському бюро студент оволодіває навичками усного публічного мовлення, виробляє мовну культуру, вчиться спілкуватися із слухачами, встановлюючи контакт з аудиторією, розуміючи її потреби та інтереси.

Тематика лекцій, які готують студенти, може бути різноманітною і визначається загальнонауковими і спеціальними кафедрами факультету, які організують діяльність відповідного лекторського студентського бюро.

Ще однією формою НДРС є участь у *конкурсах наукових студентських робіт*, які організує Міністерство освіти й науки України, різні громадські організації, а також факультети. Кращі студентські роботи відзначаються і заохочуються як морально, так і матеріально, а саме, дипломами, подяками, грошовими преміями.

Підсумки студентської науково-дослідної роботи за рік підводять на щорічних спільних наукових конференціях

студентів і викладачів факультету, які вже стали традиційними. Це не одноразова акція – за нею стоїть копітка щоденна праця як студентів, так і професорсько-викладацького складу факультету. Проводяться конкурси на найкращу студентську доповідь, на найкращу наукову роботу тощо.

Участь у конференціях та конкурсах наукових студентських робіт і отриманні заохочення повинні враховуватися у НДРС. Це дає змогу обґрунтувати висновок про можливість зарахування студента до резерву кандидатур вступу до магістратури, аспірантури, а також для рекомендації на роботу, пов'язану з дослідженнями техніки.

Участь студентів у науково-дослідній роботі найбільш активно розвивається завдяки тому, що на кафедрах, на факультеті, в університеті існує атмосфера творчості, використовуються різноманітні форми та методи, а студенти виявляють справжній інтерес до наукового пошуку, до дослідження актуальних наукових проблем, пов'язаних із характером і змістом їхньої майбутньої професійної діяльності.

Після вивчення лекційного курсу «Технологія наукових досліджень» студенти виконують практичні завдання з набуття навичок у реферуванні літератури, складання плану наукової статті, обґрунтування теми дослідження тощо. Засвоєні знання з технології наукових досліджень студенти застосовують при вивченні професійно орієнтованих дисциплін, аспіранти – при виконанні науково-дослідної роботи, узагальненні її результатів, апробації достовірності проведеного дослідження тощо.

Студенти у курсових роботах із загальнотеоретичних та спеціальних дисциплін використовують елементи наукових досліджень у формі наукового пошуку: готують огляд літератури і розробляють пропозиції, що містять елементи новизни з теми роботи; застосовують економіко-математичні методи, комп'ютерну та організаційну техніку; інформа-

ційні технології; узагальнюють передовий практичний досвід; оптимізують пропозиції із застосуванням економічних критеріїв, спрямованих на підвищення ефективності і якості роботи.

Елементи наукового пошуку, відображені у курсових роботах (проєктах) студентів, мають бути розширені у майбутній дипломній роботі (проєкті), а також науковій тематиці відповідної кафедри.

Аналогічні завдання ставлять перед аспірантами в процесі проведення досліджень за обраною темою дисертації. Відмінність полягає лише у масштабності та цілеспрямованості досліджень аспіранта, що зумовлено обраною ним темою.

Кожний студент під час навчальної та виробничої практики, крім загального завдання, передбаченого програмою практики, виконує відповідно до своєї спеціальності завдання дослідного характеру, які видає випускаюча кафедра. Завдання фіксується у щоденнику і погоджується з підприємством, на якому провадиться практика. Виконання завдання відображається у окремому розділі звіту про проходження практики і може використовуватися в інших видах науково-дослідної роботи студентів, зокрема, у доповідях та інформаціях на семінарах, при написанні курсової і дипломної робіт та ін.

Студентський науковий семінар, як один із видів НДРС, є обов'язковим видом аудиторних занять, які включають у розклад. Проведення семінару передбачає поглиблене вивчення питань з тематики НДРС, виступ всіх студентів з доповідями з обраної ними науково-дослідної теми, захист своїх висновків і пропозицій, отриманих в результаті проведеного дослідження. В обговоренні доповідей беруть участь два опоненти із числа учасників семінару. Опоненти попередньо ознайомлюються з доповіддю, вивчають літературу до теми доповіді і дають розгорнуту аргументовану оцінку при обговоренні, в якому беруть участь студенти

академічної групи. Керує студентським науковим семінаром завідуючий кафедрою або викладач, який активно і плідно працює у галузі науки.

Подана методика роботи наукового семінару студентів і захист на ньому результатів проведеного дослідження аналогічні з роботою спеціалізованої вченої ради ЗВО, наукової установи, яка розглядає результати досліджень конкретної теми аспірантом або групою наукових співробітників.

Дипломна робота (проєкт) студента, який навчається за фахом інженера, повинна бути дослідного характеру. Тому якість її підготовки значною мірою залежить від рівня виконання елементів дослідного пошуку, передбаченого всіма видами НДРС за весь період навчання. У дипломній роботі практично перевіряють здатність і підготовленість студента теоретично осмислити актуальність обраної теми, її науково-прикладну цінність, можливість виконання самостійного наукового дослідження і застосування отриманих результатів у практичній діяльності базового підприємства, за матеріалами якого виконано в основному дослідження. Тому тематика дипломних робіт має бути тісно пов'язана з тематикою науково-дослідних робіт кафедри, з інтересами підприємства, на матеріалах якого студент виконує роботу. Подібні вимоги ставляться до аспіранта при написанні дисертаційної роботи, з тією лише особливістю, що аспірант має добирати групу підприємств для узагальнення результатів дослідження та розробки науково обґрунтованих рекомендацій.

Таким чином, усі види і форми науково-дослідної роботи студентів і аспірантів спрямовані на активізацію творчого мислення їх, застосування наукових методів у вирішенні конкретних ситуацій у економіці, що сприяє підвищенню якості підготовки спеціалістів для народного господарства та кадрів науки.

1.5 Планування, облік і контроль науково-дослідної роботи студентів і аспірантів

Планування науково-дослідної роботи студентів і аспірантів починається з розробки комплексно-цільових програм по спеціальностях і спеціалізаціях. У цих планах, виходячи із навчального плану та терміну навчання, передбачається виконання елементів наукових досліджень на весь період навчання у ЗВО, аспірантурі. Комплексність програми ґрунтується на виконанні всіх елементів науково-дослідної роботи (вибір і обґрунтування теми, виконання досліджень, апробація та експериментування, впровадження результатів), максимальне наближення до умов економічних досліджень, що виконуються у науково-дослідних установах, науково-виробничих підприємствах. Цільова спрямованість програми передбачає спеціалізацію наукових досліджень щодо майбутньої діяльності науковця.

На основі комплексно-цільової програми наукових досліджень розробляється індивідуальний план науково-дослідної роботи студента, аспіранта на весь період навчання у ЗВО, аспірантурі. В його основу покладено організацію планування науково-дослідних робіт у науково-дослідних установах.

Студент, вивчивши тематику науково-дослідних робіт, рекомендовану кафедрою, звертається із заявою до завідувача випускаючої кафедри про закріплення за ним конкретної теми дослідження і виділення наукового керівника. На засіданні кафедри затверджується тема дослідження для студентів і наукові керівники із числа викладачів кафедри та залучених наукових співробітників науково-дослідних установ.

Теми дослідних робіт для студентів затверджуються, як правило, на третьому курсі. До цього студенти виконують дослідження із загальнотеоретичних дисциплін на загальноосвітніх кафедрах.

Науковий керівник разом з студентом складає комплексний індивідуальний план науково-дослідної роботи на всі роки його навчання, розподіляючи етапи досліджень по семестрах. При цьому план деталізується за темою (розділи, параграфи) та датами. Складаючи календарний план виконання досліджень, необхідно дотримуватися послідовності вивчення студентом дисциплін за навчальним планом. Так, застосування в техніко-економічних розрахунках ЕВМ, економіко-математичних моделей, методичних прийомів економічного аналізу та інших необхідно передбачати у плані досліджень за темою після вивчення їх студентом.

У індивідуальному плані студента з науково-дослідної роботи обов'язково має бути враховано впровадження результатів наукових досліджень. Це має виховне значення для майбутньої практичної діяльності інженера, науковця, оскільки кожна наукова робота повинна включати конкретні пропозиції. Крім того, студент зможе використати результати виконаних ним наукових досліджень у курсових і дипломній роботах (проєктах), що сприятиме поліпшенню його фахової підготовки.

За виконанням комплексного індивідуального плану наукових досліджень студента здійснюється контроль за етапами досліджень. Тому у складі індивідуального плану НДРС передбачено відомість обліку виконання окремих етапів за темою дослідження, де зазначають дату виконання роботи та її оцінку науковим керівником.

Основні принципи організації наукових досліджень

При організації НДРС повинні враховуватися наступні принципи:

Плановість. Дотримання плановості в НДРС необхідним з метою прискорення НТП, запобігання невиправданим витратам часу та засобів. У плануванні, як у початковій стадії НДРС, визначається тематика досліджень і робіт, етапи і терміни їх виконання, визначаються необхідні технічні за-

соби, встановлюється порядок виконання НДРС з найменшими витратами.

Організованість. Цей принцип вимагає встановлення режиму і порядку робіт, правил внутрішнього розпорядку з чергуванням праці і відпочинку, дотримання трудової дисципліни, єдності термінології, стилю і форми викладу наукових праць.

Колективність. Необхідність прискорення темпів проведення досліджень, підвищення якості досліджень і творчий характер праці, що обмежує застосування засобів його механізації та автоматизації, організація комплексних досліджень – усе це вимагає залучення великого числа науковців для вирішення кожної наукової проблеми.

Поділ і кооперація праці. Спеціалізація кафедр за науковими проблемами приводить як до їх кооперації для спільного вирішення великих наукових проблем, так і до поділу наукової праці між виконавцями.

Забезпечення науковців необхідною інформацією. Обсяг науково-технічної інформації росте з кожним днем у всьому світі. При цьому пошук необхідної інформації та ознайомлення з нею стає все більш трудомістким процесом. У цих умовах завданням інформаційної служби ЗВО є забезпечення учасників НДРС найбільш сучасними та конкретними даними із застосуванням електронної пошти і обробки за визначеними ознаками даних, зазначених у різних джерелах, удосконалення патентно-ліцензійної роботи.

Шляхи і форми розвитку в студентів інтересу до НДР:

- участь у роботі студентських науково–технічних конференціях та семінарах як слухача;
- знайомство з виставками, конкурсами студентських робіт;
- участь в бесідах про НДРС, про студентські наукові суспільства (СНС), про спеціальності;

- відвідування лекцій видатних вчених, новаторів виробництва;
- участь у наукових та науково-виробничих екскурсіях, які організують кафедри і СНС.

Засоби залучення студентів до НДР:

- поглиблене вивчення з елементами аналізу окремих розділів навчальних дисциплін;
- участь у вікторинах та олімпіадах;
- участь в конкурсах перекладів статей технічного напрямку з іноземної мови;
- написання творчих рефератів;
- виготовлення макетів, моделей, дослідних зразків, обладнання з елементами самостійної творчості;
- участь у впровадженні наукових робіт старших товаришів;
- виконання елементів наукових досліджень в домашньому завданні, лабораторній роботі, в курсовому та дипломному проєкті, під час навчальних та виробничих практик;
- розробка та постановка лабораторних робіт, технічних засобів контролю і навчання, навчальних посібників;
- підготовка за літературними джерелами доповідей в наукових студентських гуртках і семінарах, на студентських конференціях іноземною мовою;
- розробка невеликих дослідницьких тем.

Власне НДР:

- розрахунково-теоретичні дослідження;
- соціологічні та економічні дослідження;
- експериментальні дослідження на макетах, моделях, стендах, дослідницьких зразках, натуральних об'єктах;
- обстеження виробничих підрозділів;
- дослідження технологічні;
- конструювання;
- моделювання з використанням ЕОМ;
- складання науково-технічного звіту, підготовка доповіді про результати дослідження;

- підготовка за результатами дослідницької статті, заявки на винахід.

Суспільно-наукова та науково-просвітницька діяльність студентів:

- підготовка та виступ з лекціями на суспільно-політичні, соціально-економічні, науково-технічні популярні теми перед абітурієнтами, студентами, робітниками;

- участь у роботі студентського економічного лекторію з підготовкою доповіді та виступу в студентській чи робітничій аудиторії;

- робота консультантом в період роботи приймальної комісії.

Наукова діяльність дає приріст нових знань. В наукових дослідженнях студентів результат цього процесу ще вищий, бо, на відміну від наукових працівників, студенти вчаться досліджувати в процесі самих дослідів. У цьому ж їх труднощі та проблеми.

У загальній системі НДРС особливу увагу слід приділяти соціально-технічній дисципліні, як основній базі для розвитку і формування світогляду і творчого мислення майбутніх спеціалістів і організаторів виробництва.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ НАУКОЗНАВСТВА В СУЧАСНОМУ СВІТІ

2.1 Поняття, зміст і функції науки

Знання, отримані в школі (коледжі, закладі вищої освіти), з книг, спостереження над природним і антропогенним середовищем, що оточує нас, зокрема про вражаючі можливості різноманітних технологій – все це мимоволі ставить перед розумом людини питання: яким чином людина, з її невеличкими фізичними силами, з її недосконалими органами почуттів, які дозволяють спостерігати лише обмежене коло явищ, спромоглась створити сучасну техніку з її величезними можливостями, які далеко перевершують вимоги письменників-фантастів? Це чудо зробила наука...

Наука – сфера діяльності людини, спрямована на одержання (вироблення і систематизацію у вигляді теорій, гіпотез, законів природи чи суспільства тощо) нових знань про навколишній світ.

Людина яка займається наукою, називається *вченим*. Термін «наука» (science) і «вчений» (scientist) уперше були запроваджені Вільямом Уевеллом (1794 – 1866) у праці «Філософія індуктивних наук» у 1840 р: «...нам вкрай важливо підібрати назву для опису того, хто займається наукою взагалі. Я схильний називати його Вченим».

Вчений – фізична особа, яка проводить фундаментальні та (або) прикладні наукові дослідження і отримує наукові та (або) науково-технічні (прикладні) результати. Вчений є основним суб'єктом наукової і науково-технічної діяльності

За Кантом, наука є сукупністю знань, впорядкованих згідно з певними принципами, реальним зв'язком правдивих суджень, передбачень і проблем дійсності та окремих її сфер чи аспектів.

Наука – явище складне, багатогранне і тому має декілька основних значень (рис. 2.1).

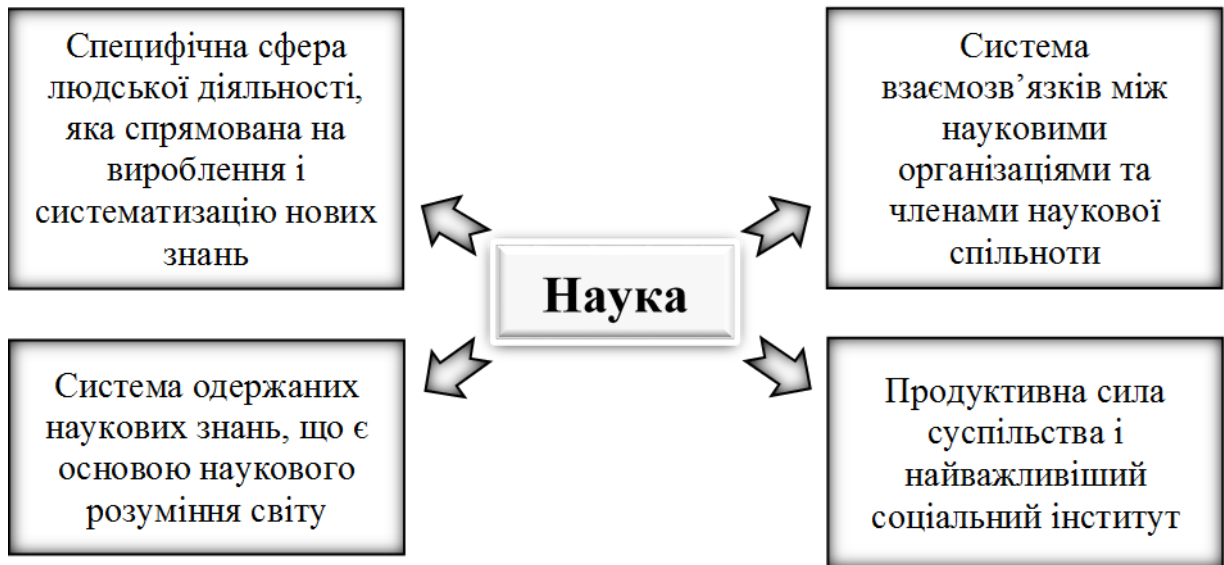


Рис. 2.1. Поняття науки

По-перше, під наукою (грецьк. *episteme*, лат. *scientia*) розуміють специфічну сферу людської діяльності, яка спрямована на вироблення та систематизацію нових знань про природу, суспільство, мислення та пізнання навколишнього світу. Як специфічна сфера людської діяльності вона є результатом суспільного розподілу праці, відокремлення розумової праці від фізичної, перетворення пізнавальної діяльності в особливу галузь занять певної групи людей.

По-друге, значення «наука» виступає, як результат цієї діяльності – система одержаних наукових знань, що є основою наукового розуміння світу. *По-третє*, «наука» розуміється як одна з форм суспільної свідомості, соціальний інститут. В останньому значенні, вона являє собою систему взаємозв'язків між науковими організаціями та членами наукової спільноти, а також включає системи наукової інформації, норм та цінностей науки.

По-четверте, науку можна розглядати як галузь культури, що існувала не за всіх часів і не у всіх народів. У ході історичного розвитку наука перетворилася у продуктивну

силу суспільства та найважливіший соціальний інститут.

Наука – це система історично сформованих, постійно зростаючих і поглиблюваних знань про об'єктивні закони природи, суспільства та мислення, заснована на цілеспрямовано зібраних фактах і теоріях, яка постійно розвивається та перетворюється в безпосередню продуктивну силу суспільства в результаті спеціальної діяльності людей.

Наука – це особливий вид пізнавальної творчої діяльності, спрямований на вироблення об'єктивних, системно організованих знань про природу та суспільство.

Знання – перетворений практикою результат пізнання дійсності.

Наука – це не просто сума знань про навколишній світ, а точно сформульовані положення про явища та їх взаємозв'язки, закони природи та суспільства, що виражені за допомогою конкретних наукових понять та суджень.

Поняття та судження є науковими, якщо вони отримані за допомогою наукових методів (як емпіричних, так і теоретичних) та підтверджені в процесі їх практичної перевірки.

Таким чином, наука – сфера дослідницької діяльності, що спрямована на отримання нових знань про природу, суспільство і людину.

Основою науки є збір, оновлення, систематизація, критичний аналіз фактів, синтез нових знань або узагальнень, що описують природні або суспільні явища, які досліджуються та (або) дозволяють будувати причинно-наслідкові зв'язки між явищами і прогнозувати їх перебіг.

Мета науки – отримання знань про об'єктивний і суб'єктивний світ, збагнення об'єктивної істини як адекватного відображення об'єкта суб'єктом, що пізнає, відтворення його таким, яким він існує сам по собі, поза і незалежно від людини та її свідомості; об'єктивний зміст почуттів, емпіричного досвіду, ідей, суджень, теорій, вчень і цілісної картини світу в діалектиці її розвитку.

Задачі науки:

- 1) збір, опис, аналіз, узагальнення і пояснення фактів;
- 2) виявлення законів руху природи, суспільства, мислення і пізнання;
- 3) систематизація одержаних знань;
- 4) пояснення сутності явищ і процесів;
- 5) прогнозування подій, явищ і процесів;
- 6) встановлення напрямів і форм практичного використання одержаних знань.

Виникнення науки як сфери людської діяльності тісно пов'язано з природним процесом розподілу суспільної праці, зростання інтелекту людей.

Поняття науки ґрунтується на її змісті і функціях у суспільстві. Змістом науки є:

- ✦ теорія як система знань, що є формою суспільної свідомості та досягнень інтелекту людей;
- ✦ суспільна роль в практичному використанні рекомендацій для виробництва благ, які є життєвою потребою людей.

Головна функція науки – пізнання об'єктивного світу, щоб його вивчати і, по можливості, удосконалювати.

У розвиненому суспільстві важливою функцією науки є розвиток системи знань, які сприяють найраціональнійшій організації виробничих відносин та використанню виробничих сил в інтересах усіх членів суспільства. Вона включає в себе ряд конкретних функцій:

- ✦ пізнавальну – задоволення потреб людей у пізнанні законів природи і суспільства;
- ✦ культурно-виховну – розвиток культури, гуманізація виховання та формування нової людини;
- ✦ практично-діючу – удосконалення виробництва і системи суспільних відносин, тобто безпосередньої виробничої сили матеріального виробництва.

Виникнення науки тісно пов'язано з процесом розподілу суспільної праці. І хоч слово «вчений» виникло лише у першій половині ХІХ століття, ця сфера людської діяльності набагато раніше стала особливим заняттям певних осіб.

Предметом науки є пов'язані між собою форми руху матерії або особливості їх відображення у свідомості людей. Саме матеріальні об'єкти природи визначають існування багатьох галузей знань, які об'єднуються у три великі групи наук: природничі (фізика, хімія, біологія та ін.); суспільні (економічні, філологічні, історичні та ін.); науки про мислення (філософія, логіка, психологія та ін.).

Наука є основною формою пізнання світу. Вона створюється для безпосереднього виявлення найважливіших сторін усіх явищ природи, суспільства і мислення. Кожна наука передбачає створення єдиної логічно чіткої системи знань про ту чи іншу сторону навколишнього світу, знань, зведених в систему. Систематизація наукових знань є адекватним відображенням, відтворенням структури об'єкта у системі наукових знань про нього. Отже, наука являє собою знання, зведені у систему.

Спираючись на глибокі знання об'єктивних суттєвих зв'язків дійсності, наука виявляє об'єктивні тенденції розвитку природничих і суспільних процесів. Завдяки цьому вона стає засобом передбачення наслідків людської діяльності, розкриває методіку прийняття рішень у цій діяльності. Тому найважливішим завданням науки є передбачення майбутніх змін у природі і суспільстві.

Одночасно слід зазначити, що не всі знання, зведені у систему, адекватні науці. Наприклад, практичні посібники з планування, нормування, обліку, фінансування являють певну систему знань, але їх не можна віднести до наукових знань, оскільки вони не розкривають нові явища у господарській діяльності людей, а містять конкретні інструктивні вказівки щодо виконання традиційних робіт діяльності у сфері бізнесу.

Важливою рисою науки є також її активний пошуковий характер. Вона повинна постійно змінюватися і розвиватися, знаходити нові рішення і результати. Наука указує людям, як зробити те, що вони хочуть зробити. Якщо наука не виявляє раціональних шляхів вирішення практичних завдань, то вона не може відповідати потребам, якими зумовлений її розвиток. Ось чому наука є не тільки системою наукових знань, що пояснюють світ, а й одночасно і засобом, методом його зміни і перетворення. Будь-яка наука є діалектичною єдністю теорії і методу. Без методу вона немислима, так само, як і без теорії.

Не існує ніякої абсолютної науки, тобто науки, відірваної від потреб матеріальних відносин і виробництва. Є єдина наука, яка виникла на основі практичної діяльності людей і застосовується в процесі цієї діяльності.

Поділ наук на дослідницькі (теоретичні) і прикладні відносний. Пояснюється це тим, що теоретичні науки більш віддалені від безпосереднього застосування їхніх результатів на практиці, оскільки вони займаються пошуком і відкриттям нових закономірностей. Прикладні науки більше пов'язані з виробництвом.

Проявлення характерних властивостей науки у суспільстві дає змогу дати визначення науки як форми суспільної свідомості. Багато хто з вчених висловлює думку, що наука розкривається або як система знань, або як метод, або як прикладна математика. Наприклад, Леонардо да Вінчі стверджував, що немає ніякої достовірності там, де неможливе застосування методів математичних наук або поєднання з ними. Наука тільки тоді досягає досконалості, коли їй вдається користуватися математикою. Засновник бухгалтерської науки сучасник Леонардо да Вінчі Лука Пачолі (1445–1515) був вчений-математик, який є автором першої друкованої роботи з обліку «Трактат про рахунки і записи», опублікованої у Венеції в 1494 р. Це свідчить про використання математичних методів у різних науках і взаємне збагачення

суміжних наук протягом тривалого історичного періоду.

Отже, тільки діалектико-матеріалістичний підхід до науки, до виявлення її основних особливостей дає можливість найбільш правильно і точно зробити визначення науки.

Наука – це динамічна система знань, які розкривають нові явища у суспільстві і природі з метою використання у практичній діяльності людей.

2.2 Виникнення та еволюція науки

Наука є складною й багатомірною, тому однозначно номінувати її практично неможливо. Найбільш поширеними є два *визначення науки*, першим з яких є розгляд її як особливого виду пізнавальної діяльності, що спрямований на вироблення об'єктивних, системно організованих і обґрунтованих знань про світ, а другим – розгляд її як соціального інституту, що забезпечує функціонування наукової пізнавальної діяльності.

Наука має на меті виявити закони, відповідно з якими об'єкти можуть перетворюватись у людській діяльності. Від інших форм пізнання науку відрізняє предметний та об'єктивний спосіб розгляду світу. Ця ознака предметності та об'єктивності виступає найважливішою характеристикою науки.

Наука – це особлива форма людської діяльності, яка склалася історично і має своїм результатом цілеспрямовано відібрані факти, гіпотези, теорії, закони та методи дослідження. Слід мати на увазі, що наукове мислення є по суті запереченням того, що на перший погляд здається очевидним. Науковими слід вважати будь-які дослідження, теорії, гіпотези, які припускають перевірку.

Наука здатна виходити за межі кожного певного історичного типу практики і відкривати для людства нові предметні світи, які можуть стати об'єктами практичного освоєння лише на майбутніх етапах розвитку цивілізації.

Однією з головних особливостей науки є доведеність істинності наукових знань. Однак, оскільки наука постійно виходить за межі процесів виробництва і освоєння соціального досвіду, вона лише частково може спиратися на наявні форми масового практичного освоєння об'єктів. Їй потрібна особлива практика, за допомогою якої перевіряється істинність її знань. Такою практикою стає науковий експеримент, в ході якого перевіряється частина знань. Інші знання пов'язуються між собою логічними зв'язками, що забезпечує перенесення істинності з одного висловлювання на інше. Звідси виникають такі характеристики науки як системна організація, обґрунтованість і доказовість знання.

Історія науки засвідчує, що будь-яке справжнє наукове відкриття, яким би абстрактним воно не здавалося спочатку, рано чи пізно знаходить своє застосування. Іншою метою науки є наукове пояснення явищ природи, які будь-коли були зафіксовані людиною, та наукове передбачення з метою перетворення реальної дійсності в інтересах людства. Наука має дві важливі складові: систему наукових знань і систему наукової діяльності.

Система наукових знань складається з таких основних елементів, як теорія, закони, гіпотези, поняття та наукові методи.

Теорія – вчення, система ідей, поглядів, положень, тверджень, спрямованих на тлумачення того чи іншого явища, а *закон* – це внутрішній зв'язок явищ, що зумовлює їхній закономірний розвиток.

Гіпотеза являє собою наукове припущення, висунуте для пояснення будь-яких процесів (явищ) або причин, які зумовлюють даний наслідок. Гіпотеза є складовою наукової теорії.

Поняття – це думка, відбита в узагальненій формі. Поняття виробляються (уточнюються) не лише на початку наукової діяльності, а переважно як необхідні наукові наявні знання в постановці проблеми та формуванні гіпотез.

Наукові методи, що входять до складу знань, – це весь арсенал накопичених методів дослідження, а також етап наукової діяльності (методи, методика), які використовуються в процесі наукової діяльності в даному конкретному циклі. Зокрема, проблеми та гіпотези також є науковими знаннями, але вони більш суттєві, ніж етапи наукової діяльності.

Наукова діяльність – інтелектуальна творча діяльність, що спрямована на здобуття і використання нових знань. Вона включає *етапи отримання наукової продукції*: 1) постановка (виникнення) проблеми, 2) побудова гіпотез і застосування тих, які вже є, 3) створення та впровадження нових методів дослідження, які спрямовані на доведення гіпотез, 4) узагальнення результатів наукової діяльності.

Слід мати на увазі, що основний продукт, який відповідає цілям і проблемам, що розв'язуються, наука здобуває лише по завершенні циклу у вигляді законів і теорій.

На проміжних етапах наука отримує побічний продукт, частина якого використовується в цьому самому циклі, а частина йде на поповнення знань і формування нових циклів.

Наукова діяльність існує в різних *видах*, таких як: науково-дослідна діяльність; науково-організаційна діяльність; науково-педагогічна діяльність; науково-інформаційна діяльність; науково-допоміжна діяльність та ін.

Історія народження та розвитку науки налічує багато тисяч років. Перші елементи науки з'явилися ще у стародавньому світі у зв'язку з потребами суспільної практики і носили суто практичний характер.

Найбільш віддалені пізнавальні передумови науки пов'язуються з інтелектуальним стрибком, що відбувся приблизно між VIII–VI століттями до нашої доби в результаті завершення процесу переходу «від міфу до логосу», коли в Давній Греції сформувалися ті раціональні структури, якими ми оперуємо й донині. Саме в Давній Греції виникли такі форми пізнавальної діяльності, як систематичне доведення, раціональне обґрунтування, логічна дедукція,

ідеалізація, з яких надалі могла розвиватися наука.

Ще на зорі свого розвитку людство поліпшувало умови життя за рахунок пізнання і певного перетворення навколишнього світу. Століттями, тисячоліттями досвід нагромаджувався, відповідним чином узагальнювався і передавався наступним поколінням. Механізм наслідування накопичених відомостей поступово вдосконалювався за рахунок встановлення певних обрядів, традицій, а потім – і писемності.

Зазначені зміни сприяли утворенню нового соціального статусу знання: знання стає необхідним елементом, визначником соціальних дій, поведінки людей. У суспільстві з'являється потреба в духовних посередниках, які б перенесли знання від одного соціального прошарку до іншого «по горизонталі» (від учителя до учня), на відміну від шляхів трансляції знань «по вертикалі» (від батька до сина, який успадковує ремесло). Розшарування традиційного суспільства посилюється діяльністю перших філософів. Разом з тим, їх діяльність робить соціально значущою раціональну практику – навички логічних міркувань, визначення понять, прийоми доведення та спростування, побудови аргументації, умовиводів, інтелектуальні змагання тощо. Новий статус знання знаходить своє вираження й у ставленні давньогрецьких філософів до знання, його утворення та використання.

Саме зміна соціального статусу знання є однією з передумов виникнення нового типу знання – протонаукового. Ця передумова посилювалась і набувала дійсного характеру на шляху формування особливих суспільних форм виховання, що передбачали навчання різним знанням, успадкованим або відкритим заново. Формування та розвиток протонаукових знань в Давній Греції значною мірою залежали від діяльності тих, хто впливав на зміни самих методів мислення, способів підходу до предмету.

Так виникла історично перша форма науки – наука античного світу, або протонаука, предмет вивчення якої була вся природа в цілому. У цей період з'являються першооснови хімії, необхідні для видобування металів з руд, фарбування тканин. Потреби у відліку часу, орієнтування на Сонце, Місяць, визначення порядку зміни сезонних явищ заклали підґрунтя для астрономії. Дещо раніше виникли основи математики, які включали в себе водночас елементи арифметики та геометрії.

Первісна (антична) наука ще не поділялася на окремі галузі й мала риси протонауки, що була дуже близькою до філософії. Природа розглядалася цілісно, з висуванням на перший план загального нехтування частинами, які, за необхідності, виводилися із цілого некоректними методами. Натурфілософії відповідали метод наївної діалектики та стихійного матеріалізму, коли геніальні здогадки переплітались із фантастичними вигадками про навколишній світ.

У V ст. до н.е. з натурфілософської системи античної науки в самостійну галузь пізнання починає виділятися математика, яка поділялася на арифметику і геометрію. У середині IV ст. до н.е. виокремлюється астрономія.

У науково-філософській системі Арістотеля означився поділ науки на фізику й метафізику (філософську онтологію). Далі всередині цієї системи починають формуватися як самостійні наукові дисципліни логіка та психологія, зоологія і ботаніка, мінералогія й географія, естетика, етика та політика. Таким чином, розпочався процес диференціації науки й виділення самостійних за своїми предметом і методами окремих дисциплін.

Новий переворот у системі культури відбувається в добу Відродження, що охоплює XIV – початок XVII століть. Відродження – доба становлення капіталістичних відносин, первісного нагромадження капіталу, підйому соціально-політичної ролі міст, буржуазних класів, утворення абсолютиських монархій і національних держав, епоха глибоких

соціальних конфліктів, релігійних війн, ранніх буржуазних революцій, відродження античної культури, виникнення друкарства, епоха титанів думки і духу. Соціально-історичною передумовою культури Відродження було становлення буржуазного індивідуалізму, що приходить на зміну станово-ієрархічній структурі феодальних відносин. Середньовіччя завершує той тривалий період історії людства, в перебігу якого людина була ще прив'язана прямими або опосередкованими ланцюгами до колективу певного типу. Цей відрив остаточно здійснився саме в добу Відродження.

У добу Відродження була проведена основна інтелектуальна робота, що підготувала виникнення класичного природознавства. Це стало можливим завдяки світоглядній революції, що відбулася в Ренесансі і полягала в зміні системи «людина-світ людини». Дана система розпалась на три самостійних відношення: відношення Людини до Природи, до Бога і до самої себе.

В епоху середньовіччя визначальним відношенням до світу було відношення людини до Бога як вищої цінності. Відношення людини до природи, що розглядалась як символ Бога, і до самої себе як покійного раба Божого, були похідними від цього основного відношення. На основі індивідуалізації особистості, формування нових цінностей і настанов у добу Ренесансу відбувається світоглядна переорієнтація суб'єкта. На передній план поступово висувається відношення людини до природи, а відношення людини до Бога і до самої себе виступають як похідні. Таким ідейним рухом Ренесанс переборює дуалізм земного і небесного світів. У людині на передній план висувається те, що є в ній божественного: одна людина сама здатна перетворюватися для іншої на деяке божество.

Однією з істотних особливостей культури доби Відродження можна вважати культ діалогу, відродження бесіди, яка була характерною для античності. Ця особливість також впливала на становлення наукового знання – пошук істини

в безпосередньому живому спілкуванні. Відродження не просто запозичує цей тип наукової комунікації, а суттєво його модифікує відповідно до нових культурних цінностей та ідеалів наукової роботи.

Гуманісти переглянули схоластичну картину світу і схоластичні методи пізнання природи і людини, вираженням чого стало нове осмислення людини, перехід від середньовічного (теоцентричного) до нового (антропоцентричного) бачення світу, хоча й у вигляді опису та критики.

Офіційна наука, яку викладали в університетах, себе вичерпала й почала гальмувати прогрес. Тому вчений доби Відродження виходить за межі університетських корпорацій, внаслідок чого не займає певного офіційного положення в ієрархії соціальних ролей. Знання оцінюється як особисте надбання мислителя, що досягається власним пошуком.

Інтелектуали нового типу гуртуються навколо нових культурних центрів. Ними стають академії, що утворюються в XV столітті, та друкарні. Двома видатними здобутками цієї епохи були зрозумілий виклад «системи небес», у центрі якої розміщується Сонце (система М. Коперника), та перша детальна анатомія людського тіла, наведена в працях А. Везалія. Обидві праці були опубліковані 1543 року.

З другої половини XV ст., в епоху Відродження, починається *перший період* значного розвитку природознавства як науки, початок якого (середина XV ст. – середина XVI ст.) характеризується накопиченням великого фактичного матеріалу щодо природи, який було здобуто експериментальними методами. У цей час відбувається подальша диференціація науки, в університетах починається викладання основ фундаментальних наукових дисциплін – математики, фізики, хімії.

Перехід від натурфілософії до першого періоду в розвитку природознавства тривав досить довго – майже тисячу

років. Фундаментальні науки в цей час ще не набули достатнього розвитку. Майже до початку XVII ст. математика являла собою науку лише про числа, скалярні величини, порівняно прості геометричні фігури та використовувалася переважно в астрономії, землеробстві, торгівлі. Алгебра, тригонометрія та основи математичного аналізу ще тільки зароджувались.

Наука в сучасних її формах почала складатись у XVII–XVIII ст. і в силу головної закономірності свого розвитку перетворилася в нашу епоху на безпосередню продуктивну силу, яка суттєво й всебічно впливає на життя суспільства.

Другий період у розвитку природознавства, що може бути охарактеризований як революційний у науці, обіймає час від середини XVI ст. до кінця XIX ст. Саме в цей період було зроблено видатні відкриття у фізиці, хімії, механіці, математиці, біології, астрономії, геології. Геоцентрична система побудови світу, створена Птоломеем у II ст., замінюється геліоцентричною (М. Копернік, Г. Галілей – XVI–XVII ст.); було відкрито закони всесвітнього тяжіння (І. Ньютон – кінець XVII ст.), збереження маси в хімічних перетвореннях (М. В. Ломоносов, А. Лавуазьє – друга половина XVIII ст.), основні закони спадковості (Г. Мендель – кінець XVIII ст.). У другій половині XIX ст. Д. І. Менделєєвим було сформульовано періодичний закон у хімії. Справжній переворот у природознавстві зробили еволюційна теорія (Ч. Дарвін) і закон збереження та перетворення енергії.

Такий суттєвий стрибок у розвитку науки сприяв подальшому процесу її диференціації. Наприклад, у математиці виникають і самостійно розвиваються аналітична геометрія, диференціальні та інтегральні числення, теорія диференціальних рівнянь, диференціальна геометрія. Аналогічні явища відбуваються і в інших галузях науки, що привело до появи наприкінці XIX ст. груп окремих дисциплін – природознавства, суспільствознавства, технічні науки, науки про лю-

дину та її духовну культуру. Але ці групи та окремі дисципліни були тісно пов'язані між собою.

Для багатьох явищ природи було встановлено раніше невідомі внутрішні зв'язки і притаманні цим явищам закони. І природознавство практично стає наукою, що спирається на правильні, зрозумілі тлумачення цих спостережень.

Другий етап революції (кінець ХІХ ст.) призвів до краху поглядів, за якими природа з її предметами та зв'язками вважалася незмінною і такою, що рухається вічно в одному й тому самому колі. Вирішальну роль у цьому відіграли І. Кант і П. Лаплас, які створили космогонічну теорію.

Наприкінці ХІХ – на початку ХХ ст. революція у природознавстві увійшла в нову, *третю*, специфічну стадію. Фізика переступила поріг мікросвіту: було відкрито електрон (Дж. Томсон, 1897 р.), закладено основи квантової механіки (М. Планк, 1890 р.), виявлено дискретний характер радіоактивного випромінювання.

У ХХ ст. розвиток науки в усьому світі характеризувався винятково високими темпами. На основі досягнень математики, фізики, хімії, біології та інших наук набули розвитку молекулярна біологія, генетика, хімічна фізика, фізична хімія, кібернетика, біокібернетика тощо.

У сучасних умовах різко змінився характер наукового дослідження, підхід до вивчення явищ природи. Місце попередньої ізоляції окремих дисциплін заступає їх взаємодія, взаємопроникнення. Тепер будь-який об'єкт природи або явище вивчаються в комплексі взаємопов'язаних наук.

Слід мати на увазі й те, що інтеграційні процеси є однією з характерних рис сучасного етапу розвитку науки. Далекосяжні процеси її диференціації та інтеграції взаємно переплітаються, трансформуються один в одного. Диференціація є переходом до більш глибокої інтеграції, широка інтеграція зумовлює якісно нові форми диференціації науки. На основі взаємодії цих процесів відбувається становлення но-

вих наукових дисциплін. При цьому перевага процесів інтеграції над процесами диференціації приводить до формування принципово нової, міждисциплінарної сутності науки.

Однією з головних рис розвитку науки є її зближення із суспільною практикою, виробництвом. На ранніх стадіях техніка і виробництво суттєво випереджали розвиток науки. Вони давали науці вже готовий матеріал для аналізу та узагальнення, ставлячи перед нею завдання, які диктує практика.

Швидкі темпи розвитку науки у ХХ ст. стимулювали створення наукознавства, яке вивчає закономірності функціонування й розвитку науки, структуру та динаміку наукової діяльності, економіку й організацію наукових досліджень, форми взаємодії з іншими сферами матеріального та духовного життя суспільства.

2.3 Наукознавство та його розвиток

Дедалі зростаючі витрати на наукові дослідження, перетворення науки у безпосередню виробничу силу викликали підвищений інтерес до вивчення теорії науки, історії, соціології, економіки науки та інших її аспектів. Сукупність знань про науку зумовила формування нової науки – наукознавства, науки про науку.

Наукознавство – це вчення про загальні закономірності розвитку і функціонування науки як системи знань. Наукознавство у логічному, соціологічному, політичному, економічному, психологічному та інших аспектах відображає те загальне і суттєве, що характерне для різних наук, їх взаємозв'язок, а також відносини між теорією науки, з одного боку, технікою, виробництвом і суспільством – з другого.

Поняття теорії (від грец. *theoria* – спостереження, дос-

лідження) – логічне узагальнення досвіду, суспільної практики, що відображають об'єктивні закономірності розвитку природи і суспільства, тобто система узагальнюючих у тій чи іншій галузі знань.

Теоретичні знання ґрунтуються на наукових теоріях – законах наукових теорій і наслідках із них, включають як процеси створення теорій (висунення гіпотези), так і виведення наслідків. Оскільки наслідки можуть бути і емпіричними, то теоретичне знання включає в собі також і емпіричні знання, а отже, істотно впливає на процес спостереження і узагальнення змін у природі та суспільстві. Без теорії вчений не може скласти методіку дослідження, оскільки теорія включає в себе зміст методу. Одночасно теорія може виступати як функція методу при створенні нової теорії цієї або іншої науки. Кожна теорія замінюється у подальшому більш глибокою теорією. Проте, якщо теорія пройшла надійну експериментальну перевірку, то вона ніколи не відкидається повністю, а зберігає своє значення у цій науці.

Наукова теорія має окреслені для неї межі застосування, за якими вона має обмежені дії або повністю стає непридатною. Так, економічна теорія відображення взаємозв'язку між продуктивними силами і виробничими відносинами у суспільстві є відправною у економічній науці, але вона непридатна для застосування у теоретичній фізиці. Межу застосування теорії у тій чи іншій науці визначає більш загальна теорія.

Подібно до гіпотези, наукова теорія перевіряється за допомогою системи доказів. Отже, теорія науки – це система узагальненого знання, пояснення різнобічності подій, ситуацій, що відбуваються у природі чи суспільстві. Поняття «теорія» має різні значення: для протиставлення практиці або гіпотезі як неперевіреному знанню у формі припущення; узагальнення передової практики відображенням її у мисленні і відтворенням реальної дійсності. Теорія безперервно пов'язана з практикою, яка ставить перед пізнанням

завдання і вимагає їх вирішення. Тому практика входить органічним елементом до теорії. Кожна теорія має складну структуру.

Наукова теорія як форма організації знань забезпечує розширення сфери знання за межами безпосереднього спостереження, тому вона відрізняється від простої реєстрації спостережень і характеризується наявністю таких елементів:

- ✦ загальних законів і сфери їх застосування, де вона пояснює явища, які відбуваються;
- ✦ сфери передбачення невідомих явищ; логіко-математичного апарату виведення наслідку із законів;
- ✦ визначення концептуальної схеми, без якої неможливе пізнання об'єктів цієї теорії.

Оскільки теорія виникає як узагальнення пізнавальної діяльності і результатів практики, то вона сприяє перетворенню природи і суспільного життя.

Критерієм істинності теорії є практика господарської діяльності людей, зміни у природі, суспільстві. Уникнути хибних течій у науці допомагає також вивчення історії розвитку науки як еволюційним, так і революційним шляхом. Революція у науці – це перерва поступовості, розрив формально-логічної послідовності розвитку, стрибок у історичному русі знань. Наукова революція зламає існуючі наукові уявлення, здійснює перегляд фундаментальних понять і приводить до народження нових відкриттів нової системи знань, що є рушійною силою у розвитку техніки.

Перша науково-технічна революція (XV–XVII ст.) відкинула систему Аристотеля і геоцентричне вчення Птолемея, пододала середньовічну схоластику і зусиллями Коперніка, Кеплера, Галілея, Декарта, Ньютона та інших вчених створила наукові основи математики, астрономії, механіки, медицини, тобто саме природознавство. Цей період характеризується масштабним розвитком промислового вироб-

ництва. На зміну феодальній суспільно-економічній формації прийшла капіталістична, що характеризується розвитком продуктивних сил і ускладненням виробничих відносин.

Друга науково-технічна революція (XIX ст.) зруйнувала метафізичні ідеї незмінності природи і утвердила діалектичні ідеї загального розвитку і зв'язку у природі на основі атомістичної теорії і періодичного закону в хімії, вчення про збереження і перетворення енергії у фізиці, а також клітинної і еволюційної теорії у біології. Вплив науки ще більше виявляється у розвитку продуктивних сил, з'являються нові галузі виробництва, загострюються суперечності з виробничими відносинами у суспільстві.

Третя науково-технічна революція (з кінця XIX ст.) почалася з руйнування концепції неподільного атома і створення квантово-механічної системи світосприйняття, яка характеризується кількісними фізичними властивостями мікросистем. У ході цієї революції наука проявляє революціонізуючий вплив на розвиток виробництва і виробничих відносин.

Науково-технічна революція (НТР) розпочалася у фізиці, поширилася потім на хімію, теоретичну і технічну кібернетику, космознавство та інші науки. До середини 50-х років вона охопила біологію і набула, таким чином, загального характеру.

Розвиток науки і техніки пов'язаний з ускладненням методів і форм наукових досліджень, використанням складної апаратури (атомних реакторів, машинних комплексів та ін.). В сучасних умовах масштабні наукові дослідження провадяться великими колективами, а вчений є їх активним учасником. Таким чином, науково-технічна революція зумовила індустріалізацію науки.

У сучасному наукознавстві визначилися певні розділи науки, зокрема, такі як загальна теорія, історія і соціологія

науки, економіка, політика, теорія наукового прогнозування, планування і управління науковими дослідженнями, моделювання, наукова організація праці, право, мова і класифікація науки.

Історія науки – накопичення наукових знань, які характеризують розвиток у історичному аспекті як окремих наук, так і наукознавства в цілому.

Соціологія науки вивчає, яким чином впливають матеріально-виробнича діяльність, соціально-економічний лад та ідеологія на функції науки у суспільстві. Розвиток економічних наук визначається в основному продуктивними силами і виробничими відносинами. Суспільно-виробнича діяльність людей впливає на розвиток економічних наук, дає фактичний матеріал, на основі вивчення і узагальнення якого відкриваються нові закономірності економічних явищ, створюються наукові теорії.

Економіка науки досліджує взаємодію науки і виробництва, створює передумови для узагальнення практичного досвіду, його теоретичного осмислення і впливу на виробництво. У виробництві намітилися такі важливі напрями використання науки: модернізація засобів праці, відкриття і використання нових матеріалів, удосконалення технології та організації виробництва на умовах корпоратизації, акціонування, приватизації власності. Досягнення науки дедалі більше використовуються для духовного і фізичного розвитку людини – головної продуктивної сили суспільства.

На відміну від інших розділів наукознавства, які передусім розв'язують задачі пізнавального характеру, політика і наука займаються, як правило, проблемами нормативного характеру. При цьому аналізуються основні тенденції розвитку науки, досліджуються конкретні ситуації, що склалися в окремих ланках і в цілому на кожному етапі, вивчаються характер взаємодії між окремими науками та їх зв'язок з технікою і суспільством при використанні результатів всього наукознавства. Прикладом впливу політики на

розвиток науки є конверсія військового виробництва, коли досягнення вчених у галузі озброєння необхідно переорієнтувати на виробництво цивільної продукції для потреб людей.

Теорія наукового прогнозування, планування і управління науковими дослідженнями, моделювання науки, наукова організація праці, право та інші розділи наукознавства виконують методологічні функції у розвитку науки, визначають її стратегію та напрями розвитку у суспільстві.

Емпіричні та теоретичні знання існують у певному виявленні – мові науки, вивченням і формуванням якої займається наукознавство. Наукові знання не існують поза мовою науки і поза певними науковими групами людей. Будучи єдиною для всіх членів такої групи, наукова мова перетворює індивідуальні наукові знання у колективне надбання. Оскільки мова науки включає певну систему понять, то сприйняття вченим мови науки означає також прийняття відповідної системи мислення.

Математичний апарат мови науки дає можливість виводити точні кількісні наслідки із основних положень (законів) теорії, отримувати кількісне уявлення. В результаті можна дійти висновку, що у певних випадках математичний апарат не адекватний теоретичному уявленню. Водночас математичний апарат науки сам по собі не виконує функції наукового пояснення.

Класифікація наук у наукознавстві, виконуючи функції групування наукових знань у певні системи, сприяє уніфікації науки, її міжнародних зв'язків та прискоренню темпів розвитку.

Отже, наукознавство, узагальнюючи світовий досвід розвитку науки, активно впливає на інтеграцію вітчизняної науки з науковими системами інших високо розвинених країн, сприяє удосконаленню, задоволенню життєвих потреб людей.

2.4 Шлях становлення наукової теорії

Як ми вже зазначали вище, теорія означає комплекс поглядів, уявлень, ідей, які спрямовані на тлумачення і пояснення певних явищ.

Наукова теорія – це найвища форма узагальнення та систематизації знань. Існує багато різних визначень теорії. Розрізняють гносеологічний, логічний і методологічний підходи до її визначення.

Гносеологія номінує теорію як узагальнення результатів багатовікової історії, впродовж якої предметно-практична та духовна діяльність людини розширювала горизонт пізнання явищ природи, суспільства й мислення. Гносеологія встановлює, внаслідок чого з'являється теорія і для чого вона потрібна. *Логіка* розкриває структуру теорії та її співвідношення із закономірностями розвитку об'єктивної дійсності. *Методологія* визначає, що і як вивчається за допомогою теорії. Отже, теорія узагальнює предметно-практичну діяльність людей, створює систему елементів, де визначальному елементу субординаційно підпорядковані всі інші, що пояснюють виникнення, взаємозв'язки, сутність і закономірність розвитку об'єкта дослідження. *Функціями наукової теорії* є: пояснювальна, передбачувальна, фактична, систематична (передбачає спадкоємність знань) і методологічна.

Розробка наукової теорії органічно пов'язана з такими *чинниками*: виникнення ідей, формулюванням принципів, законів, міркувань, положень, категорій, понять; узагальнення наукових фактів; використання аксіом; висунення гіпотез; доведення теорем. Ідеї виникають на основі практики й змінюються у зв'язку зі зміною суспільного буття. Існують передові, прогресивні ідеї, які сприяють розвитку суспільства, і непрогресивні ідеї, які гальмують його.

Ідеї виникають раптово, як результат тривалих, напружених пошуків. *Наукова ідея* – це така форма думки, яка дає

нове пояснення явищ. Вона базується на знаннях, які вже накопичено, і розкриває раніше не помічені закономірності (наприклад, ідея всезагального розвитку в діалектиці, ідея рефлексу у фізіології тощо). Народження ідей і становить механізм пізнання. Нова ідея змінює уявлення вченого не в результаті суворого логічного обґрунтування наявного знання, вона не є простим узагальненням. Ідея – це якісний стрибок думки за межі чуттєвих даних із суворо обґрунтованим значенням. Розвиток науки відбувається таким чином, що в ній завжди накопичуються ідеї, які не мають пояснення з позиції існуючих теорій.

Ідеї можуть не лише існувати до створення теорії як передумова і основа її побудови, а й зводити низку теорій в окрему галузь знання. Ідея органічно пов'язана з принципом і законом. У теорії ідея виступає як вихідна думка, що об'єднує поняття й міру знання в цілісну систему. У ній міститься фундаментальна закономірність, на якій ґрунтується теорія, тоді як в інших поняттях відбито лише ті чи інші аспекти цієї закономірності.

Принцип – це головне вихідне положення наукової теорії, що виступає як перше й найабстрактніше визначення ідеї як початкової форми систематизації знань.

Принцип не вичерпує всього змісту ідеї. Якщо в основі теорії лежить завжди одна ідея, то принципів може бути декілька. Ідеї та принципи створюють закони науки, що відбивають суттєві, стійкі та постійно повторювані об'єктивні внутрішні зв'язки між явищами, предметами, елементами, якостями. Звичайно, закони виступають у формі певного співвідношення понять, категорій.

Категорії – це найбільш загальні, фундаментальні поняття, які відбивають суттєві властивості явищ дійсності. Вони бувають загально-філософськими, загальнонауковими і такими, що належать до окремої галузі науки. За допомогою категоріального синтезу визначаються зв'язки, відношення між явищами, подіями, діями, які вивчаються;

встановлюється їхня єдність.

Принцип і категорії, що його розкривають, становлять сутність наукової теорії, а перші здогадки, формулювання гіпотези, попередні висновки висловлюються як тлумачення.

Тлумачення як логічна форма дозволяють трактувати знання про навколишню дійсність; у найбільш широкому, універсальному вигляді використовуються при відкритті законів і повідомленні про наукові відкриття іншим людям.

Наступний важливий елемент висловлення наукових знань (як елемент теорії) – *поняття* (вихідні клітини, з яких складається наявний акт). Розумовий акт – це складна логічна операція, в результаті якої створюється логічно струнка теоретична система. Формування наукових теорій зводиться до формулювання та розвитку найбільш загальних понять науки та її категорій.

Свою специфічну «матеріалізацію» вербально висловлені ідеї знаходять у *гіпотезах*, які є формою осмислення фактичного матеріалу, формою переходу від фактів до теорії. Без гіпотези неможливо розпочати дослідження, оскільки невідомо, з якою саме метою необхідно його проводити, що і як спостерігати.

Необхідність кожного експерименту має бути теоретично обґрунтована, а аналіз експериментального матеріалу має або ствердити гіпотезу, або внести до неї корективи. Тому корисно гіпотезу попередньо перевірити орієнтовним експериментом або теоретичними розрахунками й лише після цього на її основі розробити детальний план і методику дослідження. Останнє пропонується здійснювати лише на основі попередньо здобутих результатів – як «розвідку». Гіпотеза в процесі дослідження, безумовно, уточнюватиметься і змінюватиметься залежно від отриманих результатів.

Гіпотеза проходить три стадії розвитку: накопичення

фактичного матеріалу і припущення на його підставі; формулювання гіпотези, тобто виведення з припущення наслідків, розгортання теорії; перевірка на практиці та уточнення за результатами цієї перевірки. Таким чином гіпотеза перетворюється на наукову теорію.

Як відомо, з приводу одного й того самого невідомого явища висувається не одна, а декілька гіпотез. Інколи деякі з них взаємно виключають одна одну. Можливість появи кількох гіпотез не випадкова. Адже будь-яке явище багатогранне і пов'язане з іншими. Окрім того, рівень професійної підготовки вчених, їхня ерудиція, психічні особливості (здатність до фантазії або, навпаки, до чіткого логічного висновку) можуть бути суттєво різними й відповідно впливати на підхід до досліджуваного об'єкта. Висунення кількох гіпотез, у тому числі взаємовиключних, не вважається чимось небажаним, поки не встановлено, в чому полягає сутність досліджуваного об'єкта, а наявність різних гіпотез забезпечує той всебічний аналіз, без якого неможливе чітке наукове узагальнення. Якщо гіпотезу доведено, то вона стає *науковою теорією*.

Структуру теорії як складної системи формують пов'язані між собою принципи, закони, тлумачення, положення, поняття, категорії й факти.

Система теорії, на відміну від системи дійсності, включає в себе лише суттєві, стійкі зв'язки, які повторюються. Така структура наукової теорії виникає на певній емпіричній підставі (на відомих фактах: даних суспільної практики, результатах експерименту тощо).

При цьому факти входять до складу теорії в узагальненому вигляді. Необхідними елементами багатьох теорій є формальне обчислення, наукові результати, висновки, терміни, аксіоми, теореми.

Розглянемо *шлях становлення наукової теорії*. Наукові дослідження починаються з інформаційного пошуку. Потім

переходять до наукового пошуку. Між інформаційним і науковим пошуком існує діалектичний взаємозв'язок, оскільки науковий пошук починається з висування гіпотези, яка перевіряється експериментом.

Шлях до гіпотези пролягає через ідеї, поява яких можлива лише завдяки синтезу природничо-наукового й філософського знання. Отримане таким шляхом знання носить лише вірогідний характер і потребує практичної перевірки. Тому наступний щабель у переході від гіпотези до теорії – це аналіз і синтез, які є загальними для обох форм наукового дослідження, але розрізняються за функціями.

З аналізом (поділом) і синтезом (об'єднанням) пов'язана вся експериментальна діяльність дослідника, до них зводяться всі види розумової діяльності. У створенні наукової теорії особливо важливим є синтез, який забезпечує формулювання понять і категорій. Синтез досліджень дозволяє включати до системи фактів ідеальні моменти, розрахунок реальних можливостей, облік закономірностей розвитку й функціонування явищ.

Вид синтезу залежить від характеру елементів, що синтезуються, способів їх об'єднання та його особливостей. Синтез надає можливість об'єднати: частини в єдине ціле; ознаки явища для встановлення їхньої видової належності; елементи для визначення їх відносин (основа системного підходу).

Необхідність теорії виникає з природного прагнення встановити логічний зв'язок між окремими узагальненнями, гіпотезами і висновками тієї чи іншої галузі дослідження, перейти від індуктивних передбачень до дедуктивних висновків. На ранньому етапі дослідження накопичується та аналізується фактичний матеріал, що надає можливість для окремих узагальнень, висунення гіпотез і висновків. Оскільки на цьому етапі всі форми пізнання виступають опосередковано, то підтвердження чи спростування однієї з них не впливає на інші.

Подальше завдання – це систематизація результатів, уведення більш глибоких принципів, аксіом, постулатів, законів.

Наукова теорія виникає як закономірне завершення всієї попередньої пізнавальної діяльності в певній галузі. Тому вона включає ті елементи й форми, з якими дослідник мав справу ще на емпіричній і початковій стадіях теоретичного пізнання. Оскільки теорія дає відбиток досліджуваного об'єкта в його цілісності, окремі поняття, які характеризують його з різних боків, мають бути об'єднані в систему. Для цього необхідно піддавати їх раціональній обробці, вводити нові припущення, абстракції, ідеалізації. Це свідчить про те, що виникнення теорії – не просто кількісний приріст знань, а якісна зміна, перехід до більш глибокого розуміння сутності об'єкта. Створена теорія вирішує цілу низку завдань: підтверджує істинність попереднього пізнання, чітко систематизує уявлення про сутність і зв'язки між об'єктами, розширює, поглиблює та уточнює ці уявлення, передбачає нові явища в досліджуваній галузі. У проведенні наукових досліджень обов'язково дотримуються також і методологічних принципів, про які ми скажемо нижче.

Уся пізнавальна діяльність ґрунтується на відбитті, яке пов'язує буття й свідомість.

Пізнання як складний багатоступеневий процес досягнення істини включає у себе два рівні: чуттєвий і раціональний. Чуттєве пізнання забезпечує безпосередній зв'язок людини з навколишньою дійсністю, проникнення її в розмаїття явищ природи. Раціональне пізнання ніби доповнює і відбиває чуттєве, сприяє усвідомленню сутності процесів, розкриває закономірності розвитку і «повертає» нове знання до емпіричного рівня у вигляді можливості практичного перетворення і подальшого чуттєвого пізнання.

Емпіричним називається наукове знання, яке отримано з досвіду, шляхом спостереження та експериментально. Результати такого знання фіксуються органами чуттів або

приладами, які їх заміняють, і дають уявлення про якості й відношення досліджуваних явищ. Ці уявлення викладаються у вигляді понять, категорій, знакових систем. Емпіричні знання – це базис для подальшого розвитку наукового знання. *Теоретичні знання* відбивають об'єкт на рівні його внутрішніх зв'язків, закономірностей становлення, розвитку та існування. На теоретичному рівні пізнання узагальнює емпіричні дані, встановлює значущість і практичну цінність тих чи інших методів дослідження, виявляє справжнє співвідношення емпіричних даних та існуючих теорій, формує нові узагальнення і висновки в межах теорій, які раніше існували. Суперечність між емпіричним фактом і науковою теорією можлива не лише через недосконалість теорії, а й тому, що даний факт не відбиває сутності досліджуваного об'єкта. Теоретичний рівень пізнання забезпечує перехід від конкретного або конкретно-чуттєвого дослідження до абстрактного, що дозволяє виявити й сформулювати суттєве, головне. Абстрагування стало на сучасному рівні розвитку науки одним з головних засобів проникнення в сутність явищ навколишньої дійсності.

Між емпіричним і теоретичним рівнями пізнання немає різкої межі, діалектика їх взаємодії виявляється у складному процесі виникнення й розв'язання нескінченних суперечностей. У своєму прагненні повніше й глибше зрозуміти природу наука накопичує все нові й нові емпіричні дані, які рано чи пізно вступають у протиріччя зі старими уявленнями. Навіть розглядаючи науку не в цілому, а лише будь-яку з її галузей, можна виявити суперечність між емпіричними даними і відповідною теорією. Усунення такої суперечності вимагає нових наукових досліджень.

2.5 Основні принципи науки і наукового пізнання

Основні наукові поняття

Наукова ідея – інтуїтивне пояснення явища (процесу) без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на основі яких робиться висновок.

Наукова ідея базується на наявних знаннях, але виявляє раніше непомічені закономірності.

Наука передбачає два види ідей: *конструктивні* й *деструктивні*, тобто ті, що мають чи не мають значущості для науки і практики. Свою специфічну матеріалізацію ідея знаходить у *гіпотезі*.

Гіпотеза – наукове припущення, висунуте для пояснення певних явищ (процесів) або причин, які зумовлюють даний наслідок. Наукова теорія включає в себе гіпотезу як вихідний момент пошуку істини, яка допомагає суттєво економити час і сили, цілеспрямовано зібрати і згрупувати факти. Розрізняють *нульову, описову (понятійно-термінологічну), пояснювальну, основну робочу і концептуальну* гіпотези. Якщо гіпотеза узгоджується з науковими фактами, то в науці її називають *теорією* або *законом*.

Гіпотези (як і ідеї) мають ймовірнісний характер і проходять у своєму розвитку три стадії:

- накопичення фактичного матеріалу і висунення на його основі припущень;
- формулювання гіпотези і обґрунтування на основі припущення прийнятної теорії;
- перевірка отриманих результатів на практиці і на її основі уточнення гіпотези.

Якщо при перевірці результат відповідає дійсності, то гіпотеза перетворюється на наукову теорію. Гіпотеза висувається з надією на те, що вона, коли не цілком, то хоча б частково, стане достовірним знанням.

Закон – внутрішній суттєвий зв'язок явищ, що зумовлює їх закономірний розвиток. Закон, винайдений через здогадку, необхідно потім логічно довести, лише в такому разі він визнається наукою.

Наукові закони – найважливіша ланка в системі наукових знань, що відображає найбільш істотні, стійкі, повторювані об'єктивні внутрішні зв'язки в природі, суспільстві й мисленні. Зазвичай закони виступають у формі певного співвідношення *понять, категорій*.

Для доведення закону наука використовує *судження*.

Найбільш високою формою узагальнення й систематизації знань є *теорія*.

Під теорією розуміють вчення про узагальнений досвід (практику), що формулює наукові принципи й методи, які дозволяють узагальнити й пізнати існуючі процеси і явища, проаналізувати дію на них різних факторів і запропонувати рекомендації з використання їх у практичній діяльності людей. Наука – це сукупність теорій.

Теорія – вчення, система ідей, поглядів, положень, тверджень, спрямованих на тлумачення того чи іншого явища. Це не безпосереднє, а ідеалізоване відображення дійсності. Теорію розглядають як сукупність узагальнюючих положень, що утворюють науку або її розділ. Вона виступає як форма синтетичного знання, в межах якого окремі поняття, гіпотези і закони втрачають колишню автономність і перетворюються на елементи цілісної системи.

До нової теорії висуваються такі вимоги:

- адекватність наукової теорії описуваному об'єкту;
- можливість заміни експериментальних досліджень теоретичними;
- повнота опису певного явища дійсності;
- можливість пояснення взаємозв'язків між різними компонентами в межах даної теорії;
- внутрішня несуперечливість теорії та відповідність її

дослідним даним. Теорія являє собою систему наукових концепцій, принципів, положень, фактів.

Наукова концепція – система поглядів, теоретичних положень, основних думок щодо об'єкта дослідження, які об'єднані певною головною ідеєю.

Концептуальність – це визначення змісту, суті, сенсу того, про що йде мова.

Принцип (постулат, аксіома) – найабстрактніше визначення ідеї. Під принципом розуміють вихідні положення певної галузі науки. Вони є початковою формою систематизації знань (аксіоми евклідової геометрії, постулат Бора в квантовій механіці тощо).

Поняття – це думка, виражена в узагальненій формі, яка визначає суттєві і необхідні ознаки предметів та явищ і взаємозв'язки. Якщо поняття увійшло до наукового обігу, його позначають одним словом або використовують сукупність слів – термінів.

Розкриття змісту поняття називають його визначенням. Останнє має відповідати двом найважливішим вимогам:

- вказувати на найближче родове поняття;
- вказувати на те, чим дане поняття відрізняється від інших понять. Поняття, як правило, завершує процес наукового дослідження, закріплює результати, отримані вченим особисто у своєму дослідженні. Сукупність основних понять називають **понятійним апаратом** тієї чи іншої науки.

Найбільш широкі поняття називають **категоріями**. Це самі загальні абстракції.

Науковий факт – подія чи явище, яке є основою для висновку або підтвердження. Він є елементом, який у сукупності з іншими становить основу наукового знання, відбиває об'єктивні властивості явищ та процесів. На основі наукових фактів визначаються закономірності явищ, будуються теорії і виводяться закони.

Рух думки від незнання до знання керується *методологією*.

Методологія наукового пізнання – вчення про принципи, форми і способи науково-дослідницької діяльності.

Метод дослідження – це спосіб застосування старого знання для здобуття нового знання. Він є засобом отримання наукових фактів.

Специфіка наукового і повсякденного пізнання

Однією з особливостей наукового пізнання порівняно з повсякденним (буденним) є його організованість та використання цілого ряду методів дослідження. Під методом розуміють сукупність прийомів, способів, правил пізнавальної, теоретичної і практичної, перетворюючої діяльності людей. Ці прийоми, правила встановлюються не довільно, а розробляються, виходячи із закономірностей самих об'єктів, що вивчаються. Тому методи пізнання такі ж багатоманітні, як і сама дійсність.

Дослідження методів пізнання і практичної діяльності є задачею особливої дисципліни – *методології*. До неї залічують перш за все загальні філософські методи, які застосовуються не тільки в науковому пізнанні. Загальнонаукові методи знаходять застосування у всіх або майже у всіх науках. Їх своєрідність і відмінність від загальних методів в тім, що вони знаходять застосування не на всіх, а лише на певних етапах процесу пізнання. Наприклад, індукція грає ведучу роль на емпіричному, а дедукція – на теоретичному рівні пізнання, аналіз переважає на початковій стадії дослідження, а синтез – на заключній тощо. При цьому в самих загальнонаукових методах знаходять, як правило, свій прояв вимоги загальних методів. Нарешті, особливу групу методів утворюють методики, прийоми і способи, що виробляються для вирішення якоїсь особливої, часткової проблеми. Вибір вірної методики – важлива умова успіху дослідження.

При порівнянні рівнів пізнання під час наукового та повсякденного сприймання явищ навколишньої дійсності можна виокремити кілька відмінностей між ними.

Характеристики, що відрізняють науку від повсякденного пізнання, зручно класифікувати відповідно до структури діяльності (простежуючи розходження науки й повсякденного пізнання за предметом, засобами, продуктами, методами і суб'єктами діяльності).

- Якщо повсякденне пізнання відображає тільки ті об'єкти, які можуть бути перетворені в певних історично сформованих способах і видах практичної діяльності, то наука здатна вивчати й такі фрагменти реальності, які можуть стати предметом освоєння і в практиці далекого майбутнього. Наука виходить за рамки предметних структур наявних видів і способів практичного освоєння світу й відкриває людству нові предметні світи його можливої майбутньої діяльності.

- Використання наукової термінології у науковому пізнанні. Щоб описати досліджувані явища, науковці прагнуть чітко фіксувати певні поняття й визначення. Вироблення наукою спеціальної мови, яка використовується для опису нею об'єктів є необхідною умовою наукового дослідження. Мова науки постійно розвивається в міру її проникнення у все нові галузі об'єктивного світу. Причому вона впливає на повсякденну, природну мову. Наприклад, терміни «електрика», «холодильник» колись були специфічними науковими поняттями, а потім увійшли в повсякденну мову.

- Наукове дослідження має потребу в особливій системі спеціальних засобів, які, безпосередньо впливаючи на досліджуваний об'єкт, дають змогу виявити можливі його стани в умовах, контрольованих суб'єктом. Засоби, які застосовуються у виробництві й у побуті, як правило, непридатні для цієї мети, оскільки об'єкти, досліджувані наукою,

і об'єкти, перетворені у виробництві й повсякденній практиці, найчастіше відрізняються за своїм характером. Звідси необхідність спеціальної наукової апаратури (вимірювальних інструментів, приладових установок), які дозволяють науці експериментально вивчати нові типи об'єктів. Таким чином, з особливостей предмету науки ми одержали як своєрідний наслідок відмінності в засобах наукового й повсякденного пізнання.

- Специфікою об'єктів наукового дослідження можна пояснити й основні відмінності наукових знань, як продукту наукової діяльності від знань, одержуваних у сфері повсякденного, стихійно-емпіричного пізнання. Останні найчастіше не систематизовані: це, скоріше, конгломерат відомостей, приписів, способів діяльності й поведінки, накопичених протягом історичного розвитку повсякденного досвіду. Їхня вірогідність встановлюється завдяки безпосередньому застосуванню в певних ситуаціях виробничої й повсякденної практики. Що ж стосується наукових знань, то їхня вірогідність не може бути обґрунтована тільки таким способом, оскільки в науці переважно досліджуються об'єкти, ще не освоєні у виробництві. Тому потрібні специфічні способи обґрунтування істинності знання. Ними є експериментальний контроль за одержуванним знанням і виведення одних знань із інших, істинність яких уже доведена, утворюючи систему знань.

Таким чином, ми одержуємо характеристики системності й обґрунтованості наукового знання, що відрізняють його від продуктів повсякденної пізнавальної діяльності людей.

Так, наприклад, відомо, що знаменитий дослідник Африки Давид Лівінгстон у 1855 р. відкрив водоспад Вікторія. Але також відомо, що цей водоспад добре знали й до нього, і він мав навіть свою назву – Мосіоатунья! Так називали його місцеві жителі. Що ж відкрив Лівінгстон? Відкрив уже відкрите? Питання може здатися абсурдним, але воно добре

ілюструє той факт, що термін «знати» або «відкрити» має різний сенс стосовно різних культур і різних історичних етапів у розвитку людства. Для тубільця знання – це щось передане від батька до сина або від сусіда до сусіда, щось існуюче й відтворене в рамках вузького співтовариства, безпосереднього спілкування людей один з одним. У таких умовах водоспад Вікторія міг відкриватися й, імовірно, відкривався незлічену безліч разів. Лівінгстон, однак, відкрив його для науки, відкрив раз і назавжди.

Особливість методу пізнавальної діяльності

- Об'єкти, на які спрямоване повсякденне пізнання, формуються в повсякденній практиці. Прийоми, за допомогою яких кожний такий об'єкт виділяється й фіксується як предмет пізнання, входять у повсякденний досвід. Сукупність таких прийомів, як правило, не усвідомлюється суб'єктом як метод пізнання. У науковому дослідженні уже саме виявлення об'єкта, властивості якого підлягають подальшому вивченню, становить досить трудомістке завдання. Щоб зафіксувати об'єкт, вчений повинен знати методи такої фіксації. Тому в науці вивчення об'єктів, виявлення їхніх властивостей і зв'язків завжди супроводжується усвідомленням методу, за допомогою якого досліджується об'єкт.

- Заняття наукою вимагають особливої підготовки суб'єкта, що пізнає. У ході чого він освоює історично сформовані засоби наукового дослідження, вивчає прийоми і методи оперування даними засобами. Для повсякденного пізнання такої підготовки не потрібно, вона здійснюється автоматично, в процесі соціалізації індивіда, коли в нього формується й розвивається мислення, в процесі спілкування й включення індивіда в різні сфери діяльності.

- Об'єктивність наукового пізнання відрізняє його від інших форм пізнавальної діяльності людини. Так, наприклад, в процесі художнього освоєння дійсності об'єкти, включені в людську діяльність, не відокремлюються від суб'єктивних факторів, а беруться у своєрідній «склейці» з ними. Будь-

яке відображення предметів об'єктивного світу в мистецтві одночасно виражає ціннісне відношення людини до предмета.

Художній образ – це таке відображення об'єкта, що містить відбиток людської особистості, її ціннісних орієнтацій, які вливаються в характеристики відображуваної реальності. Виключити це взаємопроникнення – значить зруйнувати художній образ. У науці ж особливості життєдіяльності особистості, що створюють знання, її оцінні судження не входять безпосередньо до складу породжуваного знання (закони Ньютона не дозволяють судити про те, що любив і що ненавидів Ньютон, тоді як, наприклад, у портретах Рембрандта відбита особистість самого Рембрандта, його світовідчуження і його особистісне відношення до зображуваних соціальних явищ; портрет, написаний великим художником, завжди виступає і як автопортрет).

- Заняття наукою передбачає також і засвоєння певної системи ціннісних орієнтацій і цільових установок, специфічних для наукового пізнання. Ці орієнтації повинні стимулювати науковий пошук, спрямований на вивчення все нових і нових об'єктів незалежно від сьогоденного практичного ефекту від одержуваних знань. Інакше наука не буде здійснювати своєї головної функції – виходити за рамки предметних структур практики своєї епохи.

Дві основні установки науки забезпечують прагнення до такого пошуку: самоцінність істини й цінність новизни.

Будь-який вчений приймає в якості однієї з основних установок наукової діяльності пошук істини, сприймаючи істину як вищу цінність науки. Ця установка втілюється в цілому ряді ідеалів і нормативів наукового пізнання, що виражають його специфіку: у певних ідеалах організації знання, у пошуках пояснення явищ виходячи із законів і принципів, що відбивають сутнісні зв'язки досліджуваних об'єктів тощо.

Не менш важливу роль у науковому дослідженні має

установка на постійний ріст знання й особливу цінність новизни в науці. Ця установка виражена в системі ідеалів і нормативних принципів наукової творчості (наприклад, заборони на плагіат, допустимості критичного перегляду підстав наукового пошуку як умови освоєння все нових типів об'єктів тощо).

Ціннісні орієнтації науки утворюють основу її етосу, що повинен засвоїти вчений, щоб успішно займатися дослідженнями. Великі вчені залишили значний слід у культурі не тільки завдяки зробленим ними відкриттям, але й завдяки тому, що їхня діяльність була зразком новаторства й служіння істині для багатьох поколінь людей. Усякий відступ від істини на догоду особистісним, корисливим цілям, будь-який прояв безпринципності в науці зустрічав беззаперечну відсіч.

У науці як ідеал проголошується принцип, що перед істинною всі дослідники рівні, що ніякі минулі заслуги не приймаються до уваги, якщо мова йде про наукові докази.

Не менш важливим принципом наукового етосу є вимога наукової чесності при викладі результатів дослідження. Вчений може помилятися, але не має права підтасовувати результати, він може повторити вже зроблене відкриття, але не має права займатися плагіатом. Інститут посилань, як обов'язкова умова оформлення наукової монографії й статті, покликаний не тільки зафіксувати авторство тих або інших ідей і наукових текстів. Він забезпечує чітку селекцію вже відомого в науці й нових результатів. Поза цією селекцією не було б стимулу до напружених пошуків нового, у науці виникли б нескінченні повтори пройденого й, в остаточному підсумку, була б підірвана її головна якість – постійно генерувати ріст нового знання, виходячи за рамки звичних і вже відомих знань про світ.

Звичайно, вимога неприпустимості фальсифікацій і плагіату виступає як своєрідна презумпція науки, що у реа-

льному житті може порушуватися. У різних наукових співтовариствах може встановлюватися різна відповідальність за порушення етичних принципів науки.

Розглянемо один приклад з історії науки, що може служити зразком непримиренності співтовариства до порушень вищезазначених принципів.

У середині 70-х років ХХ ст. у середовищі біохіміків і нейрофізіологів значного розголосу набула справа Галліса, молодого й перспективного біохіміка, що на початку 70-х років працював над проблемою внутрішньомозкових морфінів. Ним була висунута оригінальна гіпотеза про те, що морфіни рослинного походження й внутрішньомозкові морфіни однаково впливають на нервову тканину. Галліс провів серію трудомістких експериментів, однак не зміг переконливо підтвердити цю гіпотезу, хоча непрямі дані свідчили про її перспективність. Побоюючись, що інші дослідники його обженуть і зроблять це відкриття, Галліс зважився на фальсифікацію. Він опублікував вигадані дані дослідів, нібито підтверджуючу гіпотезу.

«Відкриття» Галліса викликало великий інтерес у співтоваристві нейрофізіологів і біохіміків. Однак його результати ніхто не зміг підтвердити, відтворюючи експерименти за опублікованою ним методикою.

Тоді молодому й відомому ученому, було запропоновано привселюдно провести експерименти на спеціальному симпозіумі в 1977 р. у Мюнхені, у присутності своїх колег. Галліс зрештою змушений був зізнатися у фальсифікації. Співтовариство вчених відреагувало на це визнання бойкотом. Колеги Галліса перестали підтримувати з ним наукові контакти, всі його співавтори привселюдно відмовилися від спільних з ним статей, і в підсумку Галліс опублікував лист, у якому він вибачився перед колегами й заявив, що припиняє займатися наукою.

Класифікація принципів науки і наукового пізнання

Принцип – це керівна ідея, основне початкове положення теорії, вчення, науки.

Принципи бувають *теоретичними* і *методологічними*. Принципами пізнання умовно поділяють на дві підгрупи:

1) *принципи «здорового глузду»*, які ґрунтуються на метафізичному методі і формальній логіці з урахуванням їх природних меж;

2) *діалектичні принципи пізнання*.

Метафізичний метод ґрунтується на розгляді предметів як по суті відокремлених і незмінних, а діалектичний метод – на визнанні загального взаємозв'язку і спадкоємного розвитку. Хоча науку взагалі (ще з часів Зенона Елейського і особливо – в часи Ейнштейна, Н. Бора і після них) доволі складно віднести до здорового глузду, потрібно визнати, що в принципі «здорового глузду» є елемент стихійної діалектики, яка часом допомагає уникнути загрозливих крайностей.

Принципи «здорового глузду»

Р. Декарт у своїй праці «Роздумах про метод о» виділив так звані. «правила для керівництва розуму і пошуку істини в науках». Власне, це елементарні норми діяльності розуму, які відомі з стародавніх часів у вигляді правил (формальної) логіки. Головна заслуга Декарта полягає саме в тому, що він сформулював їх як правила пізнавальної діяльності і цим поклав початок розвитку наукової методології.

Таких правил за Декартом три:

1) *розчленування важких, що не піддаються розв'язанню в загальному випадку задач, на окремі задачі, які можуть бути розв'язані;*

2) *перехід від менш складного до більш складного, від доведеного до недоведеного а не навпаки (у логіці це заборона на визначення через невідоме);*

3) *недопущення випадання логічних ланцюгів у міркуванні.*

Для сучасності особливо важливе третє правило Декарта, в зв'язку із заглибленням пізнання в дослідження власних основ (сфера метатеорії). Як свідчить розвиток науки, в ній дуже важливо не залишати нічого що мається на увазі, експлікувати (тобто робити явними) і досліджувати всі положення і припущення наших висновків, навіть ті, які здаються самоочевидними і загальноновизнаними. Такими здавались, наприклад, неперетинання паралельних прямих і неможливість зв'язку станів мікрочастинок при відсутності причинної взаємодії між ними. Насправді виявилось, що це зовсім не так (неевклідова геометрія, ЕПР-кореляція поведінки мікрочастинок тощо).

Крім правил Декарта, до принципів «здорового глузду» можна віднести:

4) *принцип об'єктивності*, який стверджує: в питаннях науки жодна думка не відіграє вирішальної ролі. Це відноситься і до думки наукового або іншого керівництва, авторитетних вчених, загальній думці, думці державних інстанцій тощо. Така вимога може здатися тривіальною, проте згадаємо, що *Ergo dixi* («Сам сказав», посилення на особистий вислів учителя) у піфагорійців вважалось вищим аргументом, в Середньовіччя таку же роль відігравала думка церкви, а в епоху сталінізму здійснювались репресії у відношенні конкретних наук від особи, яка хибно розтлумачила марксистську філософію. Тому багатьом вченим у всі часи доводилось активно відстоювати цей принцип. Так, перший великий філософ нової європейської генерації, Іоанн Скот Ериугена (IX ст.), стверджував, що розум вище авторитету навіть у сфері самої релігії, оскільки авторитет народжується від розуму, проте розум ніколи не народжується від авторитету.

В XII ст. П. Абеляр писав, що в науці, на відміну, наприклад, від релігії, аргумент від авторитету є найслабкішим. А інший мислитель Середньовіччя Алан Лільський стверджував, що у авторитету ніс із воску, в тому сенсі, що

його неважко, при певній спритності, розвернути на користь будь-якої думки. Сьогодні актуально відзначити, що питання наукової істини не вирішуються більшістю голосів навіть при найдемократичнішому голосуванні. Наукова діяльність має творчий характер, і як свідчить історія науки, правими найчастіше виявляється не більшість, а ті одиночні особистості, які зуміли глибше інших заглянути у сутність проблеми. Між тим, течії думок, наближені до позитивізму і прагматизму, схильні вважати наукове знання продуктом домовленості в науковому співтоваристві. Наприклад, конвенціоналізм А. Пуанкаре, який завадив йому стати засновником нової механіки і електродинаміки (спеціальної теорії відносності), а також учення історичної школи методології, згідно яких образ науки визначається, начебто, виключно боротьбою конкуруючих наукових співтовариств.

Проте зазначений принцип зовсім не означає заперечення ролі авторитету, а також ролі особистості і школи в науці. Навпаки: вести мову про нього доводиться саме тому, що їх роль тут обґрунтовано висока і є загроза її перебільшення. Оскільки жоден дослідник не в стані перевірити все те (яке ще часом є неусталеним) знання, на якому він обґрунтовує своє просування до нової істини, і не може випробувати відразу всі конкуруючі методи. Авторитет видатних попередників і сучасників виступає в цьому випадку як природний орієнтир, небайдужою є й думка наукового співтовариства. Важливо тільки їх не абсолютизувати, що не просто зробити через притаманну людині психічну інерцію і схильність до конформізму.

В історії науки відомі парадоксальні випадки, коли хибне твердження Аристотеля, що у мухи вісім ніг, поділялось доволі великою кількістю вчених через силу незаперечного авторитету цього дійсно великого мислителя. Інший приклад – Аристотель вважав, що молочні зуби дитини формуються із затверділого молока матері і що у жінки менше зу-

бів, ніж у чоловіка. До такого висновку він прийшов, пере-рахувавши зуби коням: у жеребця їх дійсно більше, ніж у кобилиці. А тому вирішив, що це вірно для всіх самок і самців. Будучи двічі жонатим, Аристотель так і не спромігся перевірити свою гіпотезу, а європейські вчені мужі доволі тривалий час не ставили це під сумнів.

Отже, об'єктивність аналізу – основа будь-якого наукового дослідження. Цей принцип вимагає використання методів та процедур, що дозволяють отримати максимум знань, дотримання логіки, правдиве обґрунтування, забезпечення доказів. Все це забезпечує достовірність фактів, як одного з основних чинників наукової етики. Нехтування принципом об'єктивності може призвести вченого до спотворення реальної картини досліджуваного процесу, до грубих похибок у висновках;

5) *принцип пояснення безлічі досліджуваних явищ за допомогою незначної кількості загальних основ.* На думку І. Ньютона, в ньому полягає сутність науки. Відомості «багато чого до малого чого» вимагає потреба в *узагальненні* інформації, з метою зробити її компактною і доступною для ефективного використання. Інакше жоден комп'ютер, тим більше – мозок людини, не зміг би утримати і освоїти величезну масу знань, накопичених людством у кожній предметній сфері.

Проте в науці є власний стимул такого узагальнення: прагнення проникнути в сутність речей, яка поєднує ряд явищ і яка розкриває логіку їх змін. Адже без знань сутності (законів зміни явищ) неможливим було б цілеспрямоване перетворення дійсності.

Разом з тим, розглядуваний принцип, як і будь-який інший, не можна перетворювати в абсолют; проте метафізика схильна до його абсолютизації в формі так званого *редукціонізму*. Як приклад, можна навести, що Л. Больцман, А. Пуанкаре, М. Смолуховський та багато інших великих фізиків початку ХХ ст. марно витратили велику кількість зусиль,

прагнучи звести термодинаміку до механіки, а геніальний А. Ейнштейн протягом 30 років безплідно працював над створенням єдиної теорії поля. І зараз багато фізиків і хіміків також безплідно, проте завзято прагнуть звести хімію до квантової електродинаміки;

б) *принцип достатньої повноти обґрунтування*: будь-яке наукове судження повинне бути засноване на експерименті і теоретичних доказах. В основі цієї вимоги лежить формально-логічний принцип достатньої основи, запроваджений Г. Лейбніцем у XVII ст. Дійсно, треба прагнути до його втілення, проте, знову ж таки, не потрібно перетворювати його в абсолют. Історія пізнання переконує, що абсолютно повного обґрунтування не досягла жодна наукова концепція. Завжди залишається деякий «люфт», куди «втискуються» потім ідеї нового, більш досконалого знання.

Часом наукові концепції залишаються взагалі навіть без достатньої емпіричної перевірки, не перестаючи від цього бути переконливими. Такою є наприклад, тектоніка літосферних плит, яка претендує на роль парадигми в сучасній геології. А дати будь-якому положенню науки повне формально-логічне обґрунтування не дозволяє знаменита теорема австрійського математика Курта Гёделя про неповноту, згідно якої в кожній формальній системі деякі істинні в даній предметній сфері твердження неможливо вивести.

Діалектичні принципи пізнання

Сучасна діалектика виступає не як заперечення принципів «здорового глузду», а як надбудова над ними. Серед найбільш актуальних принципів наукового дослідження виділяють наступні:

1) *Принцип загального зв'язку* впливає з основного положення філософії про матеріальну єдність навколишнього світу, де існує безліч всіляких зв'язків між предметами та явищами, які можуть виявлятися як безпосередньо, так і опосередковано, через велику кількість проміжних ланок.

Ці зв'язки можуть бути випадковими, закономірними, зовнішніми, причинними чи функціональними, за змістом чи формою тощо. При цьому такі зв'язки можна простежити на прикладі взаємодії між природничими науками та філософією. На основі філософського принципу загального зв'язку формується загальний методологічний принцип науки, згідно з яким, щоб справді пізнати досліджуваний предмет чи явище, необхідно охопити та вивчити всі його сторони і зв'язки як внутрішні, так і зовнішні.

Якщо знехтувати цим принципом, можна прийти до *софістики*, тобто до абсолютизації та вихоплювання окремих сторін або явищ, або до *еклектики* – неправомірного поєднання різнорідних і внутрішньо не пов'язаних між собою сторін предмета.

2) **Принцип загального розвитку** легко продемонструвати, спостерігаючи в навколишньому світі приклади різноманітних змін, трансформації, переходів з одного стану в інший. Безперервно виникає щось нове в усіх явищах природи та суспільства, в духовному житті людини. Перебіг багатьох процесів відбувається від простого до складного, від нижчого до вищого, за висхідною лінією. Водночас бувають і зворотні процеси, коли події відбуваються за низхідною лінією. Такі процеси є по суті регресивними.

Все сказане можна проілюструвати численними прикладами процесів, що відбуваються в мікро- та макросвіті, у людському суспільстві. У мікросвіті – це перетворення елементарних часток матерії та виникнення нових складних мікрооб'єктів (нові атомні ядра, самі атоми тощо), у макросвіті – утворення нових хімічних елементів, у космосі – формування нових планетних систем, зірок, галактик тощо.

3) **Принцип діалектичної суперечності** ґрунтується на законі єдності та боротьби протилежностей, який полягає в тім, що між різними сторонами предмета чи явища є не тільки протилежності й взаємні винятки, а між ними існує і єдність. У наукових дослідженнях цей принцип полягає в

тім, що дослідник не тільки повинен знаходити протилежні взаємовиключні сторони, але й установлювати такі їх відношення, зв'язки та форми, при яких ці протилежності є єдиними. Вирішення цього завдання і є розв'язанням тієї чи іншої наукової проблеми, новим кроком науки вперед.

Протилежності не тільки існують, а й перебувають у етапі суперечності, постійної боротьби між собою. Ця боротьба і є внутрішнім джерелом розвитку дійсності. В цьому розумінні єдність протилежностей завжди умовна, тимчасова, відносна, а їх боротьба – абсолютна. Під час проведення досліджень не можна протиставляти протилежності одна одній, перебільшуючи значення одних за рахунок інших, або розглядати їх як щось стале.

Треба проводити дослідження доти, поки з результатів аналізу не буде знайдено проміжну сторону, яку можна визнати «як за ту, так і за іншу», через яку протилежності неначе перетворюються одна в одну.

4) Принцип діалектичного заперечення базується на загальному законі заперечення, і має в необхідності додержання наступності під час переходу від старого до нового, від попереднього до наступного. При цьому заперечення попереднього є не абсолютним, а лише відносним, чим і забезпечується спіралеподібний розвиток процесів і явищ у природі та суспільстві. Саме цей принцип пояснює нескінченне виникнення одних якісних станів і знищення інших. Заперечення вже припускає нову можливість подальшого розвитку та нового заперечення. Цей принцип показує, що між кількісними та якісними сторонами предмета чи явища існує тісний взаємозв'язок. І для того, щоб всебічно вивчити якийсь предмет чи якийсь явище, необхідно досліджувати не тільки його якісні, але й кількісні характеристики. Останні можна знайти (виміряти), наприклад, на основі математичних методів дослідження. Що це справді так, можна простежити на прикладі розвитку будь-якої науки, результати якої тим вагоміші, чим вищий рівень її математизації. Однак

практика показує, що вивченню кількісної сторони предмета чи явища має передувати вивчення його якісних характеристик, тобто в певному розумінні якісний аналіз є неначе первинним, а кількісний – вторинним. Визначальним тут є загальний закон переходу кількості в якість, який показує, що нагромадження окремих кількісних змін у предметах чи явищах спричиняється врешті-решт до їх якісних змін.

5) **Принцип історичності** передбачає активне застосування порівняльно-історичного методу – сукупність пізнавальних засобів, процедур, які дозволяють виявити схожість і відмінність між явищами, що вивчаються, визначити їхню генетичну спорідненість (зв'язок за походженням), загальне й специфічне в їхньому розвитку.

6) **Принцип системності** дає змогу визначити стратегію наукового дослідження. Будь-який предмет повинен розглядатись як упорядкована єдність відносно самостійних частин або сторін (підсистем, елементів), кожна з яких виконує певні функції в житті цього предмета. В дійсності досліджуваний предмет може не бути розвинутою системою, його частини і їх функції можуть бути змішані, нерозвинуті, недостатньо відособлені тощо.

В межах принципу системності розрізняють такі види підходів:

- структурно-функціональний;
- системно-діяльнісний;
- системно-генетичний та інші підходи.

Сутність *структурно-функціонального підходу* полягає у виділенні в системних об'єктах структурних елементів (компонентів, підсистем) і визначенні їхньої ролі (функцій) у системі. Елементи і зв'язки між ними створюють структуру системи. Кожний елемент виконує свої специфічні функції, які «працюють» на загальносистемні функції. Структура характеризує систему в статиці, функції – у динаміці. Між ними є певна залежність.

Структуризація об'єкта – необхідна умова його вивчення. Вона дозволяє виділити, а потім описати суттєві складові об'єкта – елементи, підсистеми, компоненти, зв'язки, властивості, функції та ін.

Опис структури об'єкта полягає в його поділі на складові та встановленні характеру взаємозв'язків між ними.

Аналіз структури здійснюється за допомогою метода класифікації – багатоступінчатого, послідовного поділу досліджуваної системи з метою систематизації, поглиблення й отримання нових знань щодо її побудови, складу елементів, підсистем, компонентів, особливостей внутрішніх і зовнішніх зв'язків.

Структуризація – засіб пізнання ступеня складності будь-якого об'єкта чи процесу на всіх рівнях (від макро- до мікро) дослідження структури системи. Сутність процесу чи явища як системи виявляється в їхній структурі, однак реалізується в їхніх функціях (ролях, призначенні). Це дозволяє розглядати систему як структурно-функціональну цілісність, в якій кожний елемент (підсистема, компонент) має певне функціональне призначення, яке має узгоджуватися із загальними цілями системи в цілому.

Рівень цілісності системи залежить від рівня відповідності її структури і функцій головній меті системи.

У межах структурно-функціонального підходу досліджують сутнісно-функціональну, функціонально-генетичну та функціонально-логічну структуру системи. Перша з них виявляє субстанційні елементи, підсистеми та компоненти системи, їх сутнісні зв'язки та основні функції. Друга – розкриває внутрішні закономірності розвитку і функціонування системи (від простого до складного, від нижчого до вищого, від генетично вихідного до генетично похідного, включаючи у «знятому» вигляді моменти попереднього при відносній самостійності). Третя – виявляє логічно можливі відношення між функціями системи: відношення переваги, домінування, супідрядності (основна і допоміжні функції);

відношення функціональної рівнозначності або еквівалентності; відношення сполучення (поєднання) (комбінована функція) тощо. В результаті структурно-функціонального підходу створюються моделі (описові, математичні, графічні) досліджуваної системи.

Загальнонауковою методологією вивчення об'єкта дослідження є *системно-діяльнісний підхід*, який набув значного поширення в сучасних наукових розробках. Зазначений підхід указує на певний компонентний склад людської діяльності. Серед найсуттєвіших її компонентів: *потреба – суб'єкт – об'єкт – процеси – умови – результат*. Це створює можливість комплексно дослідити будь-яку сферу людської діяльності.

Діяльнісний підхід – це методологічний принцип, основою якого є категорія предметної діяльності людини (групи людей, соціуму в цілому).

Діяльність – форма активності, що характеризує здатність людини чи пов'язаних з нею систем бути причиною змін у бутті. Діяльність людини може розглядатися в загальному значенні цього слова як динамічна система взаємодії людини із зовнішнім середовищем, а також у вузькому, конкретному – як специфічна професійна, наукова, навчальна тощо форма активності людини, у якій вона досягає свідомо поставлених цілей, що формуються внаслідок виникнення певних потреб.

В процесі діяльності людина виступає як суб'єкт діяльності, а її дії спрямовані на зміни її діяльності в процесі діяльності.

Будь-яка діяльність здійснюється завдяки множині взаємопов'язаних дій одиниць діяльності, що не розкладаються на простіші, внаслідок якої досягається конкретна мета діяльності.

Мета діяльності зумовлена певною потребою, задоволення якої потребує певних дій.

Завдання діяльності – це потреба, яка виникає за певних умов і може бути реалізована завдяки визначеній *структурі діяльності*, до якої належать:

– *предмет діяльності* – елементи навколишнього середовища, які має суб'єкт до початку своєї діяльності і які підлягають трансформації в продукт діяльності;

– *засіб діяльності* – об'єкт, що опосередковує вплив суб'єкта на предмет діяльності (те, що звичайно називають «знаряддям праці»), і стимули, що використовуються у певному виді діяльності;

– *процедури діяльності* – технологія (спосіб, метод) одержання бажаного продукту;

– *умови діяльності* – характеристика оточення суб'єкта в процесі діяльності, соціальні умови, просторові та часові чинники тощо.

– *продукт діяльності* – те, що є результатом трансформації предмета в процесі діяльності.

Означені системо-утворюючі компоненти характерні для будь-якої діяльності як фізичної, так й інтелектуальної, і свідчать про її структуру.

Зміст *системно-генетичного підходу* полягає в розкритті умов зародження, розвитку і перетворення системи.

Відносно новим фундаментальним методом пізнання є синергетичний підхід.

Сутність *синергетичного (синергійного) підходу* полягає в дослідженні процесів самоорганізації та становлення нових упорядкованих структур. Він реалізується в дослідженні систем різної природи: фізичних, біологічних, соціальних, когнітивних, інформаційних, екологічних та ін.

Предметом синергетики є механізми спонтанного формування і збереження складних систем, зокрема тих, які перебувають у стані стійкої нерівноваги із зовнішнім середовищем. У сферу його вивчення потрапляють нелінійні ефекти еволюції систем будь-якого типу, кризи і біфукації – не-

стійкої фази існування, які передбачають множинність сценаріїв подальшого розвитку.

З позицій синергетичного підходу неможливо традиційними детерміністськими методами вивчати розвиток складно-організованих систем.

Як відомо, нестійкість системи розглядається як перешкода, що потребує обов'язкового подолання. Жорсткі причинно-наслідкові зв'язки поступального розвитку мають лінійний характер.

Сучасне визначається минулим, а майбутнє – сьогочасним. Синергетичний же підхід передбачає ймовірне бачення світу, базується на дослідженні нелінійних систем.

Образ світу постає як сукупність нелінійних процесів. Ідея нелінійності включає багатоваріантність, альтернативність шляхів еволюції та її незворотність. За допомогою синергетичного підходу вивчають дисипативні (нестійкі, слабо-організовані) складні системи. Суть теорії нестабільності (теорії дисипативних структур) полягає в тому, що стан нерівноваги систем спричиняє порядок та безпорядок, які тісно поєднані між собою.

Нерівноважні системи забезпечують можливість виникнення унікальних подій, появу історії Універсуму. Час стає невід'ємною константою еволюції, оскільки в нелінійних системах у будь-який момент може виникнути новий тип рішення, який не зводиться до попереднього.

Синергетичний підхід демонструє, яким чином і чому хаос може розглядатися як чинник творення, конструктивний механізм еволюції, як з хаосу власними силами може розвиватися нова організація.

Інструментарій синергетичного підходу дає змогу визначити, що:

1) складно-організованим системам неможливо нав'язати напрями і шляхи розвитку, можливо лише сприяти (через слабкі впливи) процесу самоорганізації;

2) неможливо досягти одночасного поліпшення одразу всіх важливих показників системи;

3) при кількох станах рівноваги еволюційний розвиток системи відбувається при лінійному зростанні ентропії (невизначеності ситуації);

4) для складних систем існують декілька альтернативних шляхів розвитку;

5) кожний елемент системи несе інформацію про результат майбутньої взаємодії з іншими елементами;

6) складна нелінійна система в процесі розвитку проходить через критичні точки (точки біфуркації), в яких відбувається розгалуження системи через вибір одного з рівнозначних напрямів її подальшої самоорганізації;

7) управляти розвитком складних систем можливо лише в точках їх біфуркації за допомогою легких поштовхів, сума яких має бути достатньою для появи резонансу – достатньої амплітуди коливань як усередині системи, так і відносно впливів зовнішнього середовища. Тобто, чим меншою є сума впливів на більший об'єкт або процес у момент біфуркації складно-організованої системи, тим більшим є кінцевий синергетичний ефект. «Синергетично» мислячий історик, культуролог, політолог, економіст, таким чином, уже не можуть оцінювати те чи інше рішення через прямолінійне порівняння попереднього та наступного станів: вони мають порівняти реальний перебіг наступних подій з імовірним ходом подій при альтернативному ключовому рішенні.

Для ефективного використання синергетичного підходу необхідно:

а) виділити та охарактеризувати (у поняттях формальної логіки) складну систему або процес, які потребують синергетичного впливу;

б) дослідити стратегію її розвитку, описати можливі рівні її свободи, тобто рівноможливі напрями і шляхи її розвитку;

в) здійснити факторний аналіз можливих шляхів її самоорганізації;

г) визначити мету або бажаний результат (у яких конкретно аспектах необхідно змінити стан даної системи);

д) розробити номенклатуру (перелік) слабких впливів, що сприятимуть самоорганізації хаотичної системи, а також тактику їх застосування;

е) правильно визначити критичний момент біфукації досліджуваної системи.

Продуктивним є застосування синергетичного підходу до аналізу самоорганізації соціальних систем, узгодження їхніх рушійних сил – мотиваційних спрямованостей соціальних об'єктів на основі певних духовних та культурних цінностей задля досягнення екологічної рівноваги між соціоантропосферою та біосферою планети, котрі разом утворюють цілісну систему.

Комплекс синергетичних категорій про моделі самоорганізації у науках про людину й суспільство допомагає по-новому осмислити традиційні проблеми антропології, історії, культурології, соціальної психології та етики, розкриваючи при цьому маловідомі причинні залежності. Синергетика як теорія самоорганізації дає ключ до розуміння не лише механізмів нестабільності, а й механізмів стійкості складних систем.

7) *Принцип єдності аналізу і синтезу.* Аналіз по-грецьки означає розділення, а синтез – з'єднання. Саме за допомогою цих операцій предмет подається як система. Аналіз первинний в пізнанні: оскільки об'єкт пізнання первісно подається нам як ціле. Наші органи чуттєвого сприйняття виступають як аналізатори (так вони і називаються в фізіології), що виділяють певні якості предмета. Аналіз і синтез можуть бути практичними (розбирання-збирання), сенсорними (аналіз відчуттів і робота фантазії) і теоретичними (понятійний аналіз і побудова цілісної теорії пред-

мета). Вони можуть здійснюватися у різних планах і відношеннях, відповідно задачам системного подання предмета. Можливі кількісний, якісний, структурний, функціональний та інші види аналізу (і, відповідно, синтезу).

Треба мати на увазі, що синтез складніше і важче аналізу: оскільки крім знання частин він вимагає розуміння їх міста і ролі в житті цілого. Кажуть, що в поганого механіка після збірки механізму залишаються «зайві» деталі. Для успіху в розумово-аналітичній діяльності достатньо засобів формальної логіки, і не випадково її творець Аристотель називав її саме аналітикою. А для правильного здійснення синтезу вже потребуються по суті, діалектична логіка (хоча часом її закони застосовуються несвідомо).

8) *Принцип єдності історичного і логічного* заснований на переконанні, що структура об'єкта є продуктом його еволюції і відбиває її основні етапи. Тому правильна теорія, розкриваючи «специфічну логіку» цієї структури, фактично відтворює його історію в стисненому й очищеному від випадковостей вигляді.

Принцип єдності історичного і логічного дозволяє науці зазирнути в такі далі, де пряме пізнання недоступно а ні найпотужнішим інструментам, а ні найхитромудрішій теорії. Він особлива важливий для тих наук, де ускладнена перевірка теорії досвідом і експериментом (космологія, загальна біологія і геологія, філософія історії, гуманітарні науки тощо). Історичне знання про предмет виконує тут роль такої емпіричної перевірки; з іншого боку, аналіз предмета в його розвинутій формі проясняє можливості його історичного розвитку. Цю ідею К. Маркс виразив у афоризмі «Анатомія людини є ключ до анатомії мавпи». Вона конкретизується, наприклад, у вигляді принципу актуалізму в геології і антропного принципу в космології. Перший з них стверджує, що сучасні процеси в геологічних структурах дають ключ до розуміння минулого Землі; другий вказує, що структура і властивості Метагалактики на ранніх стадіях її розвитку

повинні покладатися такими, щоб вони допускали в майбутньому появу розумних істот.

9) **Принцип сходження від абстрактного до конкретного** доповнює і конкретизує розглянутий вище принцип єдності аналізу і синтезу, оскільки абстрагування є вид аналізу, при якому виділяються сторони предмета, які в дійсності самостійно не існують: колір, сутність, вартість тощо. Згідно даного принципу, кожна з таких сторін у розглядуваному предметі повинна виділятися і вивчатися по окремої, потім результати дослідження синтезуються в конкретний образ, який розкриває сутність і перспективи розвитку даного предмета. Наприклад, відкривши нову речовину, ми повинні всебічно дослідити його хімічний склад, можливість утворення ізомерів, характеристики кристалічної будови і тип його симетрії, межі фазових станів і особливості їх зміни, міцність, твердість, ковкість, відбивну здатність, поведінку в різних обставинах і в різних реакціях тощо. Тільки тоді можна мати про нього ясне цілісне уявлення, знайти йому правильне місце в класифікації речовин, побудувати його повну теорію і вдало передбачати його поведінку в нових обставинах.

2.6 Загальні поняття про наукову діяльність

Наукова діяльність – інтелектуальна творча діяльність, спрямована на здобуття і використання нових знань. Вона існує в різних видах:

- 1) науково-дослідницька діяльність;
- 2) науково-організаційна діяльність;
- 3) науково-інформаційна діяльність;
- 4) науково-педагогічна діяльність;
- 5) науково-допоміжна діяльність та ін.

Кожен із зазначених видів наукової діяльності має свої специфічні функції, завдання, результати роботи.

У межах науково-дослідницької діяльності здійснюються наукові дослідження.

Наукове дослідження – це вивчення конкретного об'єкта, явища або предмета з метою розкриття закономірностей його виникнення і розвитку, що є основою формування нових наукових знань.

Наукове дослідження – цілеспрямоване пізнання, результати якого виступають як система понять, законів і теорій.

Основою наукових досліджень є об'єктивність, можливість відтворення результатів, їх доказовість та точність.

Розрізняють такі етапи наукових досліджень:

- попередній аналіз існуючої інформації з досліджуваного питання;
- формулювання вихідних гіпотез та їх теоретичний аналіз;
- планування і організація досліду та його проведення;
- аналіз та узагальнення результатів;
- перевірка вихідних гіпотез на основі досліджених факторів, остаточне формулювання нових закономірностей і законів, пояснення та наукові передбачення;
- впровадження пропозицій у виробництво (для прикладних досліджень). Розрізняють три основних взаємопов'язаних рівні досліджень – емпіричний, теоретичний та описово-узагальнюючий.

На емпіричному рівні дослідження проводяться за допомогою спостереження за явищами в природних умовах. З часом їх наслідки накопичуються і стають джерелом теоретичних уявлень, що є основою для побудови теорій.

На теоретичному рівні досліджень синтезуються знання, формуються загальні закономірності у певній галузі знань.

На описово-узагальнюючому рівні досліджень, досліді не здійснюють а описують явища, які спостерігаються безпосередньо у природі, поза дослідом.

Залежно від пізнавальної або практичної мети наукові дослідження умовно поділяють на *фундаментальні*, *пошукові* та *прикладні* (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Класифікація наукових досліджень

В пошукових дослідженнях зазвичай відома мета запланованої роботи, більш-менш зрозумілі теоретичні основи, але аж ніяк не конкретні напрямки. В процесі таких досліджень підтверджуються теоретичні припущення і ідеї. За

допомогою пошукових досліджень обґрунтовується можливість застосування в сучасних умовах висунутих фундаментальних закономірностей і відкриттів.

Прикладні наукові дослідження – наукова і науково-технічна діяльність, спрямована на здобуття і використання знань для практичних цілей. Прикладні дослідження на 80÷90 % дають результати, придатні для подальшої практичної діяльності.

Наукові дослідження здійснюються з метою одержання наукового результату.

Науковий результат – нове знання, здобуте в процесі фундаментальних або прикладних наукових досліджень та зафіксоване на носіях наукової інформації у формі наукового звіту, наукової праці, наукової доповіді, наукового повідомлення про науково-дослідну роботу, монографічного дослідження, наукового відкриття тощо.

Науково-прикладний результат – нове конструктивне чи технологічне рішення, експериментальний зразок, закінчене випробування, яке впроваджене або може бути впроваджене у суспільну практику.

За результатами прикладних досліджень складається і оформлюється науковий звіт, який містить узагальнення результатів усіх етапів досліджень і рекомендації з розробки нової техніки.

Науково-прикладний результат може мати форму звіту, ескізного проєкту, конструкторської або технологічної документації на науково-технічну продукцію, натурального зразка тощо.

До основних результатів наукових досліджень належать:

- наукові реферати;
- наукові доповіді (повідомлення) на конференціях, нарадах, семінарах, симпозіумах;
- курсові (дипломні, магістерські) роботи;

- звіти про науково-дослідну (дослідно-конструкторську; дослідно-технологічну) роботу;
- наукові переклади;
- дисертації (кандидатські або докторські);
- автореферати дисертацій;
- депоновані рукописи;
- монографії;
- наукові статті;
- аналітичні огляди;
- авторські свідоцтва, патенти;
- алгоритми і програми;
- звіти про наукові конференції;
- препринти;
- підручники, навчальні посібники;
- бібліографічні покажчики тощо.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Види наукового дослідження, ознаки і класифікація

Як відомо, не всяке знання можна розглядати як наукове. Неможливо визнати науковими ті знання, здобуті лише на основі простого спостереження. Хоч вони відіграють у житті людини важливу роль, але не розкривають сутності явищ, взаємозв'язку між ними, який дозволив би пояснити, чому це явище відбувається так, а не інакше, і спрогнозувати подальший його розвиток.

Наукові знання принципово відрізняються від сліпої віри, від беззаперечного визнання істиною того чи іншого положення без будь-якого логічного його обґрунтування й практичної перевірки. Розкриваючи закономірні зв'язки дійсності, наука відбиває їх в абстрактних поняттях і схемах, які суворо їй відповідають. Поки не відкрито закони, людина може лише описувати явища, збирати, систематизувати факти, але вона нічого не може пояснити й передбачити.

Для проведення наукового дослідження дуже важливо мати уявлення про процес наукового дослідження взагалі, методологію та методи наукової роботи зокрема, оскільки саме на перших кроках оволодіння навичками наукової роботи виникає найбільше питань саме методологічного характеру. Передусім бракує досвіду у використанні методів наукового пізнання, застосуванні логічних законів і правил, нових засобів і технологій. Тому є сенс розглянути ці питання докладніше.

Наприклад, не можна ігнорувати факти тільки тому, що їх важко пояснити або знайти їм практичне використання.

Зміст нового в науці дослідник не завжди бачить сам або бачить не відразу. Нові наукові факти і навіть відкриття, значення яких погано розкриті, можуть тривалий час лишатися в резерві науки і не використовуватися на практиці. Як приклад, можна навести відкриття комети Чурюмова-Герасименко. Зйомка велась в околицях Алма-Ати, куди К. Чурюмов і С. Герасименко прибули в складі експедиції по спостереженню комет від Київського державного університету.

Спостереження велись на декількох телескопах; за час відрядження астрономи сфотографували близько десятка відомих комет. У ніч з 11 на 12 вересня Світлана Герасименко, працюючи на 500-мм телескопі, отримала знімок відомої періодичної комети Комас-Сола. Під час проявлення пластинки поруч з кометою була виявлена маленька, яскрава пляма (13m), появу якої вчені спочатку прийняли за дефект пластинки. Через тиждень К. Чурюмов сфотографував ще дві фотопластинки цієї ділянки неба. Через певний час, у Києві, після обробки знімків з'ясувалось, що пляма не зникла, а помітно змістилась на фоні зірок. У той же день астрономи послали повідомлення до Центрального бюро астрономічних телеграм. Брайан Марсден опрацював знімки вчених і обчислив орбіту підозрілого тіла – ним виявилась ніким раніше не виявлена комета.

При науковому дослідженні важливо все. Концентруючи увагу на основних або ключових питаннях теми, не можна не зважати на побічні факти, які на перший погляд здаються малозначущими. Проте саме такі факти можуть приховувати в собі початок важливих відкриттів.

Для дослідника недостатньо встановити новий факт, важливо дати йому пояснення з позицій сучасної науки, розкрити його загально-пізнавальне, теоретичне або практичне значення. має здійснюватися в контексті загального історичного процесу, історії.

Виклад наукових фактів в процесі дослідження повинен бути багатоаспектним, з урахуванням як загальних, так і специфічних особливостей.

Наукове дослідження – один з видів пізнавальної діяльності, який являє собою процес вироблення нових наукових знань. Це цілеспрямоване пізнання, комплекс логічних побудов і експериментальних операцій, виконаних відносно об'єкта дослідження для визначення властивостей об'єкта і закономірностей його поведінки.

Метою наукового дослідження є всебічне, об'єктивне і ґрунтовне вивчення явищ, процесів, їх характеристик, зв'язків на підставі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також отримання корисних для діяльності людини результатів, упровадження їх у виробництво для підвищення його ефективності.

При науковому дослідженні важливо враховувати все, концентруючи увагу на основних, ключових питаннях теми. Результати наукових досліджень тим кращі, чим вищий науковий рівень висновків, узагальнень, чим вища їх достовірність та ефективність.

Метод наукового дослідження – система інтелектуальних і (або) практичних операцій (процедур), які спрямовані на розв'язок певних пізнавальних задач з урахуванням певної пізнавальної мети.

Розрізняють дві основні групи наукових досліджень: фундаментальні та прикладні.

Фундаментальні наукові дослідження – це наукова теоретична та/або експериментальна діяльність, спрямована на здобуття нових знань про закономірності розвитку та взаємозв'язку природи, суспільства, людини. Завданням фундаментальних наук є пізнання законів, що управляють поведінкою і взаємодією базисних структур природи і суспільства. Сфера проведення фундаментальних досліджень включає багато галузей наук. До них належать: велика група фізико-технічних і математичних наук (математика, ядерна

фізика, фізика плазми, фізика низьких температур та ін.); хімія і біологія; велика група наук про Землю (геологія, геофізика, фізика атмосфери, води і суші); соціальні науки. Фундаментальні дослідження можуть поділятися на вільні (чисті) і цілеспрямовані. Перші, як правило, мають індивідуальний характер і очолюються визнаним вченим–керівником роботи. Характерною особливістю цих досліджень є те, що вони наперед не визначають певних цілей, але в принципі спрямовані на отримання нових знань і більш глибоке розуміння навколишнього світу. Цілеспрямовані дослідження мають відношення до певного об'єкта і проводяться з метою розширення знань про глибинні процеси і явища, що відбуваються в природі, суспільстві, без урахування можливих галузей їх застосування.

Завдання фундаментальних наук знаходяться на межі між відомим і неочікуваним, у зв'язку з чим ці дослідження відрізняються невизначеністю кінцевої мети. Оскільки дослідник, як правило, весь час стоїть на підступах до невідомого, вибір конкретних шляхів фундаментальних досліджень часто визначається інтуїцією, досвідом і внутрішньою логікою розвитку науки. У свою чергу, фундаментальні науки постійно відкриті для нових ідей і підходів, у них закладена здатність переглянути звичні уявлення про навколишній світ, і, якщо потрібно, відмовитися від них.

Підсумком реалізації фундаментальних досліджень може бути не тільки відкриття та опис нових, невідомих раніше в науці законів, явищ або процесів, розкриття механізмів і закономірностей їхнього протікання, але й пізнання нових закономірностей, відштовхуючись від вже відомих законів й явищ.

Прикладні наукові дослідження – це наукова й науково-технічна діяльність, спрямована на здобуття й використання знань для практичних цілей. Безпосередня мета прикладних наук полягає у застосуванні результатів фундаментальних наук при вирішенні пізнавальних і соціально-практичних

проблем. Прикладні науки можуть розвиватися з перевагою як теоретичної, так і практичної проблематики. На стиках прикладних наук і виробництва розвивається особлива галузь досліджень – так звані розробки, в процесі яких реалізуються результати практичних прикладних наук у вигляді конкретних технологічних процесів, конструкцій, матеріалів.

Прикладні дослідження піддаються плануванню, а фундаментальні результати планувати складно. Крім того, прикладні розробки можуть бути впроваджені в промисловість і приносити економічний ефект. Фундаментальні результати безпосереднього прибутку не несуть, а їх використання може тривати десятиліттями. Кінцевою метою всіх прикладних досліджень є їх впровадження в практику.

Як для теоретичних, так і для прикладних досліджень головною ознакою є *творчість* як нові відкриття, як створення за певним задумом нових цінностей, встановлення невідомих раніше науці фактів, надання нової, цінної для людини інформації.

Без теоретичного творчого мислення неможливо заперечити існуючі чи створити нові наукові гіпотези, дати глибоке пояснення процесів та явищ, які раніше були незрозумілими або мало вивченими, пов'язати в єдине ціле різні явища, тобто знайти стрижень дослідження.

Творчий процес потребує удосконалення відомого рішення. Удосконалення є процесом переконструювання об'єкта мислення в оптимальному напрямі й до певних меж, і тоді процес оптимізації призупиняється, створюється продукт розумової праці. За певних умов означений процес приводить до оригінального теоретичного рішення. Оригінальність виявляється у своєрідному, неповторному погляді на процес чи явище.

Творчий характер мислення при розробці теоретичних аспектів наукового дослідження полягає у створенні уяв-

лень, тобто нових комбінацій з відомих елементів, і базується на таких прийомах, як збирання й узагальнення інформації; постійне зіставлення, порівняння, критичне осмислення; чітке формулювання своїх думок та їх письмовий виклад; удосконалення власних пропозицій.

Часто може бути так, що творче рішення не вкладається в межі раніше наміченого плану, воно може виникнути «раптово». Творчі думки, оригінальні рішення з'являються тим частіше, чим більше сил, праці, часу витрачається на постійне обдумування об'єкта дослідження. Ефективність творчого задуму залежить від того, якою мірою науковець володіє методами дедукції та індукції, аналізу, синтезу тощо. Важливою частиною прикладних наукових досліджень є *експеримент*, що являє собою науково поставлений дослід чи споглядання явища в чітко врахованих умовах, що дозволяє стежити за його ходом, керувати ним, відтворювати щоразу при повторенні цих умов. Основна мета експерименту полягає в перевірці теоретичних положень, а також у більш широкому і глибокому вивченні теми наукового дослідження.

Розвиток науки йде шляхом від збирання фактів, їх вивчення й систематизації, узагальнення та розкриття окремих закономірностей до зв'язаної, логічно стрункої системи наукових знань, яка дозволяє пояснити вже відомі факти і передбачити нові.

Шлях пізнання починається із живого спостереження з переходом до абстрактного мислення, а потім до практичного втілення в життя.

Процес пізнання включає в себе накопичення *фактів*. Без систематизації та узагальнення, без логічного осмислення фактів не може існувати жодна наука. Факти стають складовою частиною наукових знань, якщо вони виступають у систематизованому вигляді.

Факти систематизуються та узагальнюються за допо-

могою простих абстракцій – понять (визначень), які є важливими структурними елементами науки.

Важливою складовою ланкою в системі наукових знань є *наукові закони*, які відбивають найбільш суттєві, стійкі, повторювані об'єктивні внутрішні зв'язки у природі, суспільстві й мисленні. Звичайно закони виступають у формі визначеного співвідношення понять, категорій.

Найвищою формою узагальнення й систематизації знань є *теорія*, тобто, вчення про узагальнений досвід, практику, сформульовані наукові принципи й методи.

Формою розвитку науки є *наукові дослідження*, тобто вивчення взаємодії між явищами з метою отримання переконливо доведених і корисних для науки й практики рішень з максимальним ефектом. Наукові дослідження мають об'єкт, предмет, на пізнання яких вони спрямовані. Ці питання буде розглянуто нами конкретніше у наступних розділах підручника.

У вирішенні емпіричних та, особливо, теоретичних завдань наукового дослідження важливе місце належить логічному шляху пізнання, який дозволяє на основі умовиводів пояснити явища й процеси, сприяє появі нових ідей та проблем, накресленню шляхів їх вирішення. Він будується на здобутих фактах і результатах емпіричних досліджень.

Результати наукових досліджень оцінюються тим вище, чим вищим є рівень науковості зроблених висновків та узагальнень, чим вони достовірніші та ефективніші. Крім того, ці результати мають створювати основу для нових наукових розробок.

Таким чином, систему знань можна подати у вигляді наукових фактів, понять, принципів, гіпотез, законів, теорій, які дозволяють передбачити події та управляти суспільними процесами, виробничими відносинами, продуктивними силами. Цей систематизований науковий досвід характеризується низкою ознак. Найважливішою з них є всезагальність.

Наука є суспільною за своїм походженням, розвитком і використанням. Будь-яке наукове відкриття є працею загальною, в кожний момент часу наука виступає як сумарне вираження людських успіхів у пізнанні світу. Система наукових знань належить усім, тому вона найефективніше може бути використана лише з розвитком суспільної праці, виробництва, торгівлі у великих масштабах.

Перевіреність і відтворюваність – важлива вимога до наукових знань, які мають бути усталеними. Швидке їх старіння свідчить про недостатню їхню глибину та узагальнення, неточність прийнятих гіпотез і встановлених законів.

Систематизуючи наукові знання, насамперед виділяють дві великі групи: науки про суспільство і науки про природу. У кожній із цих груп виділяють складові елементи – наукові дисципліни. У першій групі – це філософія, політологія, історія, психологія та інші, у другій – фізика, хімія, технічні науки тощо.

Наукові знання систематизовано викладено у книгах, статтях, авторських свідоцтвах і патентах, звітах тощо.

Як відомо, науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи об'єднано загальною назвою «*наукові дослідження*». Це дуже широке поняття, яке охоплює всі процеси – від зародження ідеї до її втілення у вигляді нових теоретичних положень, створення нових технологій тощо. Взагалі всі наукові дослідження можна поділити на три основні види: теоретичні, пошукові й прикладні.

Наукове дослідження взагалі являє собою особливий вид людської діяльності, спрямований на здобуття нових, більш глибоких знань, що служать практичним цілям для створення нових або удосконалення старих. Необхідність досліджень у прикладних науках продиктована потребами й практичною діяльністю людей, завданнями, які ставить перед наукою виробництво.

Зрозуміло, що багато знань про природу людина отри-

мала в процесі стихійно-емпіричного пізнання, в якому головним джерелом здобуття знань є різноманітні практичні дії з об'єктами, де, як правило, не існує спеціальних засобів пізнання, а його об'єктами служать знаряддя та предмети праці. Наука – це особлива форма пізнання, яке здійснюють особливі групи людей за допомогою спеціальних засобів (експериментальні пристрої, математичні, мовні та логічні методи). Формою реалізації та розвитку пізнання стає наукове дослідження. Наукове дослідження – це систематичне й цілеспрямоване вивчення об'єктів, в яких використовуються засоби і методи науки і яке завершується формуванням знань про об'єкт, який вивчається.

У науковому дослідженні велику роль відіграє розмежування пізнавальних завдань, які становлять необхідні етапи на шляху розв'язання наукових проблем.

Можна виділити три види *пізнавальних завдань*: емпіричні, теоретичні й логічні.

Емпіричні пізнавальні завдання полягають у відборі й ретельному вивченні фактів. Одним з найважливіших методів пізнання є експеримент, коли дослідник свідомо втручається в поведінку предметів або в перебіг явищ і процесів з метою отримання конкретних кількісних та/або якісних даних про предмет, який вивчається.

При вирішенні *теоретичних* завдань дослідник завжди має справу з реальними об'єктами і виходить за межі характеристик, за якими безпосередньо ведеться спостереження. Він відтворює механізм явищ або процесів, що надає можливість пояснити встановлені факти. Разом з тим, теоретичні знання може бути перевірено емпірично.

Не менш важливу роль у науковому дослідженні фактів відіграють *логічні* методи. Під ними розуміють таке оперування знаннями і засобами їх отримання, яке дозволяє отримати нові знання, не звертаючись після кожного етапу міркувань до емпіричної перевірки. Ставлячи проблему, дослідник здійснює аналіз наукових знань, відокремлює точно

встановлені знання від гіпотетичних.

Логічні завдання можуть вирішуватися при організації наукового дослідження, при побудові теорії й розробці гіпотез, коли мають задовольнятися логічні й гносеологічні вимоги, суть яких полягає в тім, що всі терміни, поняття, ознаки мають уводитися з моносемічним значенням і перебувати в однозначному зв'язку.

Наукові дослідження класифікуються за наступними ознаками:

- за ступенем новизни, значущістю для використання в народному господарстві й близькістю до кінцевих результатів (фундаментальні, пошукові, прикладні);
- за сферою використання результатів (галузь науки, техніки, технології, виробничих відносин і т.д.);
- за характером і метою дослідження, від яких залежить вибір наукових методів, засобів проведення наукових досліджень (теоретичні, теоретико-експериментальні, експериментальні, інженерне прогнозування, розробка);
- за видом досліджуваного об'єкта (реальний об'єкт, модель);
- за назвою організації, які проводить дослідження (науково-технічний інститут – НТІ, спеціальне конструкторське бюро – СКБ, відділ головного конструктора – ВГК, відділ головного технолога – ВГТ та ін.);
- за кількісним складом досліджуваних властивостей об'єкта (комплексне, диференційоване);
- за місцем проведення дослідження (лабораторне, промислове, у природних умовах, соціологічне і т.п.).

Фундаментальними вважаються дослідження, пов'язані з формуванням принципово нових теоретичних проблем, законів і теорій, що мають значення для всього народного господарства. У галузі техніки і технології – це дослідження, спрямовані на освоєння нових видів енергії, методів обробки та ін.; в галузі економіки – удосконалення го-

сподарського механізму, управління та планування виробництва та ін.

Пошукові дослідження мають на меті пошук оптимального вирішення проблеми, що виникла, технологічної задачі, наприклад, найбільш економічного варіанта технологічного процесу. Пошукові дослідження дають не тільки позитивні результати для народного господарстві, але й негативні (результат у наукових дослідженнях також необхідно знати, щоб мати змогу відмовитися від даного напрямку і шукати інший шлях вирішення завдання.

Прикладними вважаються дослідження, спрямовані на вибір і розробку найбільш раціональних варіантів практичного використання результатів пошукових і фундаментальних досліджень у виробництві.

Теоретичними вважаються дослідження, не пов'язані з безпосереднім впливом на об'єкт дослідження або його макет. Такі дослідження проводяться із застосуванням математичних і логічних методів та засобів пізнання і мають на меті встановити нові закономірності, властивості, залежності.

Техніко-експериментальними вважаються дослідження, в яких нові властивості, закони й закономірності перевіряються шляхом досвіду на зразках і макетах.

Експериментальними вважаються дослідження, виконані на зразках, макетах для виявлення нових властивостей, або закономірностей перевірки нових теоретичних припущень.

Комплексні дослідження включають ряд незалежних за змістом і термінами досліджень окремих властивостей досліджуваного об'єкта однаковими чи різними методами і засобами дослідження, наприклад, комплексний аналіз собівартості продукції.

Диференційовані дослідження спрямовані на дослідження окремих об'єктів або властивостей групи однорідних об'єктів, наприклад, дослідження факторів зростання

продуктивності праці.

Інженерне прогнозування – теоретичні розрахунки, експерименти з метою поглиблення пізнання властивостей, принципу дії розроблювальних зразків нової техніки, технології, нових методів організації виробництва, планування, матеріального стимулювання та ін.

Розробка – сфера матеріалізації всіх результатів попередніх досліджень, в процесі якої наука стає безпосередньою силою, а цикл «наука-техніка-виробництво» перетворюється в замкнуту систему. Розробка також може закінчуватися не матеріальним об'єктом, а методичними рекомендаціями для використання у виробництві з метою підвищення його ефективності й якості продукції, що випускається.

У кожному виді наукового дослідження можна побачити його економічну спрямованість. Економічна оцінка необхідна для кожного наукового дослідження, тому процес економічної оцінки його результатів на стадіях прогнозування, планування і здійснення нерідко перетворюється на самостійне дослідження. Це стосується і розробки нових виробів, нової технології, нових форм і методів організації виробництва як початково створюваного виробничого об'єкта, так і вже існуючого в порядку його удосконалення. У студентських наукових працях частковими економічними завданнями, наприклад, можуть бути:

а) вивчення кількісних зв'язків між окремими конструктивними параметрами деталей, вузлів, з'єднань і відповідною собівартістю;

б) удосконалення методів економічних розрахунків (наприклад, визначення питомої фондомісткості виробів, ціни конкретного виробу) за допомогою пошуку оптимального, що знижує витрати праці економіста, порядку обчислень;

в) удосконалення системи матеріального і морального

стимулювання на основі принципів господарського розрахунку.

3.2 Наукове пізнання: методологія, принципи та методи

Основою розробки будь-якого наукового дослідження є *методологія*, тобто сукупність методів, способів, прийомів і їхня певна послідовність, прийнята при розробці наукового дослідження.

Метод – це спосіб пізнання явищ природи. Ним може бути упорядкована діяльність дослідника, яка спрямована на отримання нових знань.

Термін «*методологія*» в буквальному розумінні означає вчення про методи пізнання – вчення про методи, методики і засоби пізнання. Методологія – це схема, план розв'язку поставленого науково-дослідного завдання.

Питання методології досить складне, оскільки саме це поняття тлумачиться по-різному. Багато зарубіжних наукових шкіл не розмежовують методологію і методи дослідження. У вітчизняній науковій традиції методологію розглядають як учення про науковий метод пізнання або як систему наукових принципів, на основі яких базується дослідження і здійснюється вибір сукупності пізнавальних засобів, методів, прийомів дослідження. Найчастіше методологію тлумачать як теорію методів дослідження, створення концепцій, як систему знань про теорію науки або систему методів дослідження. Методику розуміють як сукупність прийомів дослідження, включаючи техніку і різноманітні операції з фактичним матеріалом.

Мета наукового дослідження – визначення конкретного об'єкта й всебічне, достовірне вивчення його структури, характеристик, зв'язків на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також одержання корисних

для діяльності людини результатів, впровадження у виробництво й одержання ефекту.

Методологія науки – це система методологічних і методичних принципів і прийомів, операцій і форм побудови наукового знання.

До загальнонаукової методології слід віднести системний підхід, застосування якого потребує кожний об'єкт наукового дослідження. Сутність його полягає у комплексному дослідженні великих і складних об'єктів (систем), дослідженні їх як єдиного цілого з узгодженим функціонуванням усіх елементів і частин.

Для конкретних наук методологія пізнання (дослідження) є сукупністю методів і засобів, спрямованих на вирішення поставлених проблем.

Методологія – це концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.

Функції методології:

- визначає способи здобуття наукових знань, які відображають динамічні процеси та явища;
- направляє, передбачає особливий шлях, на якому досягається певна науково-дослідницька мета;
- забезпечує всебічність отримання інформації щодо процесу чи явища, що вивчається;
- допомагає введенню нової інформації до фонду теорії науки у вигляд нових понять, категорій, законів, гіпотез, ідей, теорій;
- забезпечує уточнення, збагачення, систематизацію термінів і понять у науці;
- створює систему наукової інформації, яка базується на об'єктивних фактах, і логіко-аналітичний інструмент наукового пізнання;
- організовує використання нових знань у практичній діяльності.

Принципи методології пізнання (рис. 3.1):



Рис. 3.1. Принципи методології пізнання

Принцип єдності теорії і практики означає, що вони є нерозривно пов'язаними і взаємообумовлюють один одного в процесі людської діяльності. Розкриває діалектику руху людського знання до істини, констатує визначальну роль практики, яка є критерієм істинності теоретичних положень, в процесі пізнання

Принцип визначеності вимагає повного і всебічного відображення найбільш істотних сторін і закономірностей об'єктивних процесів, конкретного історичного підходу до їх оцінки.

Принцип конкретності означає, що відображення дійсності в мисленні істинно – тільки якщо воно конкретно.

Принцип пізнаванності означає, що об'єктивний світ, що існує поза і незалежно від нас, може бути пізнаний, так як немає принципових перешкод для того, щоб у ході діяльності людина могла освоїти зовнішній світ.

Принцип підпорядкованості полягає у затвердженні

об'єктивної закономірності обумовленості одного явища іншим і вимагає врахування різноманіття відносин і зв'язків.

Принцип розвитку полягає в тому, що формування наукового знання відбувається при повному і всебічному відображенні процесів становлення розвитку об'єкта пізнання, його протиріч, кількісних і якісних змін та їх взаємного переходу.

Принцип об'єктивності вимагає розгляду процесів, явищ, речей такими, якими вони є, без упередженості, в усьому різноманітті їх сторін, зв'язків, відносин.

Пізнання – процес цілеспрямованого активного відображення об'єктивного світу у свідомості людей.

Характерні ознаки наукового пізнання: об'єктивність; відтворюваність; евристичність; необхідність; конкретність тощо.

Практика виступає основною і рушійною силою розвитку пізнання та його метою. Людина пізнає закони природи, щоб оволодіти її силами і використовувати їх, а також пізнає закони суспільства, щоб відповідно впливати на хід історичних подій. *Від практики до теорії і від теорії до практики, від дії до думки і від думки до дії* – така загальна закономірність відношень людини з навколишнім середовищем. Практика є початком, вихідним пунктом і одночасно завершенням будь-якого процесу пізнання. Вирішуючи нові завдання і проблеми, наука повинна випереджати практику і, таким чином, свідомо скеровувати її розвиток.

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

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

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

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

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

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

Характеристика методів наукового пізнання

Наукове пізнання – галузь людської діяльності, результатом якої є наукове знання.

Наукове пізнання володіє двома особливостями. Першою особливістю є його *об'єктивність* (все у світі розвивається незалежно від того, подобається нам це чи ні). Друга особливість наукового пізнання – це *спрямованість результатів у майбутнє*. Не завжди наукові відкриття дають миттєві результати. Більшість з них піддаються сумніву і гонінням з боку осіб, які не бажають визнавати об'єктивності явищ. Іноді потрібно пройти значному часу, поки істинне наукове відкриття визнається таким, що відбулось. Як приклад, можна навести долю відкриттів М. Коперника і Галілео Галілея відносно планет сонячної Галактики.

Наукове і ненаукове пізнання (буденна свідомість, художнє пізнання, міфологія, релігія, окультні науки, астрологія, алхімія, графологія, спиритизм, паронормальне пізнання, біолокація, контактерство, левітація, телепатія, телегенез, медіативне пізнання тощо) завжди знаходились у протидії і це визначило ще одну особливість наукового пізнання. Воно обов'язково проходить такі етапи, як *спостереження, класифікація, опис, експеримент і пояснення досліджуваних природних явищ*.

Ненауковим методам ці етапи не притаманні взагалі або ж вони присутні в них розрізнено.

Наукове і ненаукове пізнання завжди знаходяться поруч. І хоча вони, найчастіше, перебувають у протидії, проте треба відзначити, що перше неможливе без другого. Неможливо уявити собі сучасну науку без допитливого народного розуму, який придумував міфи, вивчав природні явища в процесі своєї життєдіяльності, залишивши нам безцінну копилку народної мудрості, в якій міститься здоровий глузд, що допомагає нам керуватися в житті.

Процес пізнання, як основа будь-якого наукового дослідження, є складним і вимагає спеціальних підходу та застосування певних методів та методологій.

Специфіка наукової діяльності в значній мірі визначається методами.

Слово «метод» походить від грецької – *metodos*, у широкому розумінні воно означає – «шлях до чогось», шлях дослідження, шлях пізнання, свідомий спосіб досягнення певного результату, здійснення певної діяльності, вирішення певних задач.

Метод – система правил і прийомів підходу до вивчення явищ і закономірностей природи, суспільства, мислення, це спосіб досягнення певних результатів у науковому пізнанні й практичній діяльності. Тобто, це сукупність певних правил, прийомів, способів, дій що орієнтують суб'єкта у вирішенні конкретної задачі, досягненні певного результату у певній сфері діяльності. Знання методів має величезне практичне значення, воно орієнтує дослідника, допомагає відокремити «істотне» від «другорядного», намітити шлях проходження від «невідомого» до «відомого», від «простого» до «складного», від «передумов» до «висновків». Розмаїття видів людської діяльності зумовлює розмаїття розроблених методів, що можуть бути класифіковані за різними критеріями. В сучасній науці склалася багаторівнева структура методології знання, згідно якої методи наукового пізнання за ступенем загальності і сфери застосування можуть бути поділені на чотири основні групи.

- Загальні (філософські) – діючі у всіх науках і на всіх етапах пізнання.
- Загальнонаукові – застосовуються в гуманітарних, природничих і технічних науках.
- Часткові – для певних наук (внутрішньо та міждисциплінарні).
- Спеціальні – для однієї, конкретної (специфічної) науки.

Такий поділ методів завжди умовний, оскільки в міру розвитку пізнання науковий метод може переходити із однієї категорії в іншу. Перед тим як детально розглядати методи дослідження варто обмежити наступні поняття:

Техніка дослідження – сукупність спеціальних прийомів для використання того або іншого методу.

Процедура дослідження – певна послідовність дій, способів організації дослідження.

Методика – сукупність способів, і прийомів пізнання.

У науковому пізнанні розрізняють три рівні *емпіричного, теоретичного і загально-логічного* методів дослідження (рис. 3.2).

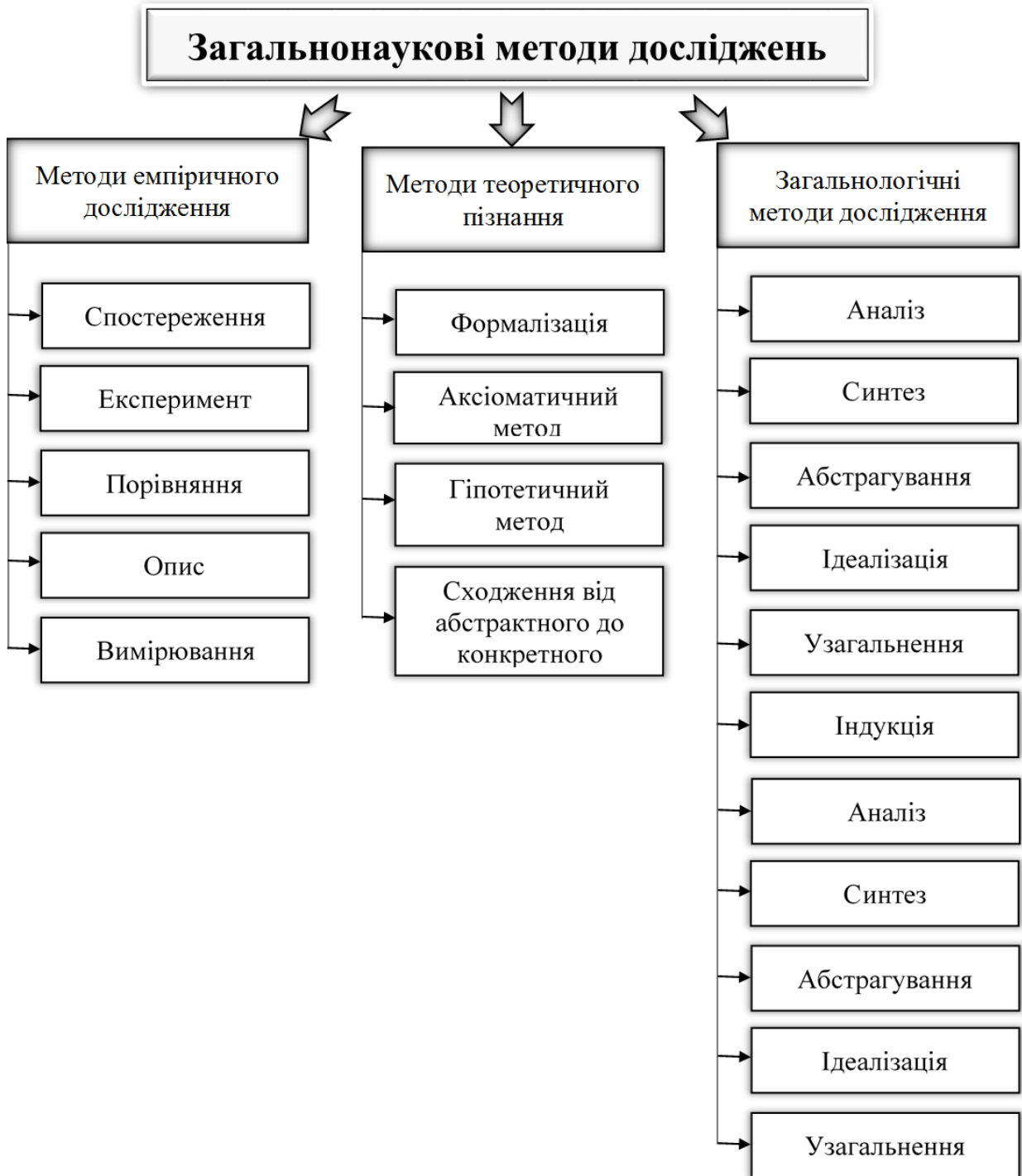


Рис. 3.2. Характеристики рівнів наукового пізнання

Відмінність наукового пізнання від наукового дослідження представлена на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Відмінність наукового пізнання від наукового дослідження

Теорія пізнання (гносеологія) – це розділ філософії, що вивчає природу пізнання, закономірності пізнавальної діяльності людини, її пізнавальні можливості та здібності; передумови, засоби та форми пізнання, а також відношення знання до дійсності, закони його функціонування та умови й критерії його істинності й достовірності.

Головним у теорії пізнання є питання про відношення знання про світ до власне світу, чи спроможна наша свідомість (мислення, відчуття, уявлення) давати адекватне відображення дійсності.

Вчення, що заперечує можливість достовірного пізнання сутності дійсності, дістало назву *агностицизму*.

Пізнання істини відбувається на різних рівнях: *чуттєвому* і *раціональному*, *емпіричному* і *теоретичному*.

Чуттєве пізнання передбачає переживання людиною емоційного відношення до різноманітних явищ і процесів навколишньої дійсності, є наслідком безпосереднього зв'язку людини з оточуючим середовищем і реалізується через елементи чуттєвого пізнання: *відчуття*, *сприйняття*, *представлення* та *уявлення*.

Відчуття – це відображення в мозку людини властивостей предметів чи явищ об'єктивного світу, які сприймаються її органами чуття.

Сприйняття – це відображення в мозку людини властивостей предметів чи явищ, які сприймаються його органами чуття в якийсь відрізок часу і формують первинний чуттєвий образ предмету, явища.

Представлення – це вторинний образ предмету, явища, які в даний момент часу не діють на чуттєві органи людини, але обов'язково діяли раніше.

Уявлення – це систематизація різних представлень в мозку людини, об'єднання їх у цілісну картину образів.

Раціональне пізнання – це опосередковане і узагальнене відображення в мозку людини суттєвих властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами та явищами. Раціональне пізнання доповнює почуттєве, забезпечує усвідомлення сутності явищ і процесів, розкриває закономірності зв'язку між ними і «повертає» нове знання до емпіричного рівня у вигляді можливості його практичного застосування і подальшого почуттєвого пізнання. Воно сприяє усвідомленню сутності процесу, виявляє закономірності їх розвитку.

Формою раціонального пізнання є абстрактне і логічне мислення, різні міркування людини, структурними елементами яких є *поняття*, *судження*, *умовивід*.

Мислення – це опосередковане й узагальнене відображення в мозку людини суттєвих властивостей, причинних

відношень і закономірних зв'язків між об'єктами або явищами. Людина пізнає дійсність не тільки в результаті свого власного досвіду, але й шляхом спілкування з іншими людьми. Мислення нерозривно пов'язане з мовою і не може здійснюватися поза нею.

Поняття є відображенням найбільш суттєвих і властивих предмету чи явищу ознак. Вони можуть бути загальними, частковими, збірними, абстрактними, конкретними, абсолютними і відносними. За ознакою відношень між собою поняття поділяють на тотожні, рівнозначні, підлеглі, супідлеглі, частково узгоджені, суперечливі та протилежні.

Зміст поняття – це сукупність об'єднаних у ньому ознак та властивостей.

Поняття характеризуються обсягом і змістом. **Обсяг поняття** – це коло тих предметів, на які це поняття поширене. **Змістом поняття** називається сукупність ознак, які об'єднані в цьому понятті. Розкриття змісту поняття називається його **визначенням**. Визначення повинно відповідати двом ознакам: вказувати на найближче родове поняття; вказувати на те, чим це поняття відрізняється від інших понять такого ж роду. **Діленням понять** називають розкриття всіх видів понять, що входять до складу цього поняття.

В процесі розвитку наукових знань визначення можуть уточнюватись, доповнюватись у змісті новими ознаками. Визначенням, як правило, завершується процес дослідження. Найбільш узагальнені й фундаментальні поняття називаються **категоріями**. Це форми логічного мислення, в яких розкриваються внутрішні суттєві сторони і відносини досліджуваного предмету.

Судження – це думка, в якій через зв'язок понять стверджується або заперечується будь-що. Судження виражається мовою у вигляді речення. Під час судження зіставляються поняття, що встановлюють об'єктивний зв'язок між предметами та їх ознаками, або між предметом і класом пре-

дметів. Судження поділяють за такими ознаками: якість, кількість, відношення. **За якістю** судження бувають позитивні і негативні; **за кількістю** – загальні, часткові, поодинокі; **за відношенням** – категоричні, умовні й роздільні.

Умовивід – це процес мислення, що складається з послідовності двох або декількох міркувань, в результаті яких виникає нове судження. Часто умовивід називається висновком, через який стає можливим перехід від думки до дії, тобто практики.

По суті, умовивід є висновком, який робить можливим перехід від мислення до практичних дій. Умовиводи бувають двох видів:

- безпосередні;
- опосередковані.

В *безпосередніх умовиводах* приходять від одного судження до іншого, а в *опосередкованих* перехід від одного судження до іншого здійснюється за допомогою третього.

Умовиводи поділяють на дві категорії: дедуктивні та індуктивні. **Дедуктивні** умовиводи – це виведення окремих випадків з будь-якого загального положення, а **індуктивні** умовиводи – це коли на основі окремих випадків приходять до загального положення. У безпосередніх умовиводах від одного судження приходять до іншого; в опосередкованих судженнях перехід від одного судження до іншого здійснюється через посередництво третього судження.

Наукове пізнання і наукове знання добувають в процесі *спостережень і експериментів*.

Експеримент відрізняється від спостереження тим, що у вченого з'являється можливість ізолювати досліджуваний предмет від зовнішнього впливу, оточуючи його спеціальними, штучно створеними умовами.

Експерименти бувають *природними* та *штучними*. Природні експерименти характерні при дослідженні певних соціальних явищ (соціальний експеримент) в умовах, напри-

клад, певного соціального колективу, а штучні експерименти широко застосовуються в багатьох природничо-наукових дослідженнях.

Експерименти бувають лабораторними (проводяться у спеціальних модельованих умовах) і виробничими (в реальних умовах існування). Наприклад, при виробничих експериментах застосовують метод анкетування, збирання статистичної інформації тощо.

Експерименти виконуються за певними планами, послідовність етапів якого може включати такі складові: розробка плану експерименту; вибір засобів для його проведення; проведення експерименту; обробка й аналіз експериментальних даних. Особливе місце належить останньому етапу експерименту, оскільки він дозволяє зробити висновок про те, чи підтвердилася робоча гіпотеза наукового дослідження, чи ні.

Експеримент може існувати і в уявному вигляді. Це відбувається тоді, коли неможливо досліджувати об'єкт через дорожнечу і складність необхідного обладнання. В цьому випадку використовується наукове моделювання, в хід йде творча уява вченого, який висуває гіпотези.

Емпіричний і теоретичний рівні володіють певною автономією, проте їх неможливо відокремити один від іншого. Можна стверджувати, що над емпіричним рівнем знання завжди надбудовується теоретичний рівень. Однак теоретичний рівень будується таким чином, що в ньому відбивається безпосередньо не навколишня дійсність, а ідеальні об'єкти.

Емпіричний і теоретичний рівні органічно пов'язані між собою. Теоретичний рівень існує не сам по собі, а ґрунтується на даних емпіричного рівня, і в цьому сенсі зв'язок теорії і емпірії очевидний. Але й емпіричне знання не є вільним від теоретичних уявлень.

Сукупність емпіричних знань є певним знанням про

дійсність лише тоді, коли ці дані тлумачаться з позицій певних теоретичних уявлень. Отже, емпіричний рівень наукових знань обов'язково включає те чи інше теоретичне тлумачення дійсності. Незважаючи на теоретичну завантаженість, емпіричний рівень є більш стійким, ніж теорія, в силу того, що теорії, з якими пов'язане тлумачення емпіричних даних, є теоріями іншого рівня. Тому емпірія (практика) є критерієм істинності теорії.

В емпіричному пізнанні (рис. 3.4) відображаються зовнішні зв'язки і прояви об'єкта, досяжні для живого споглядання.

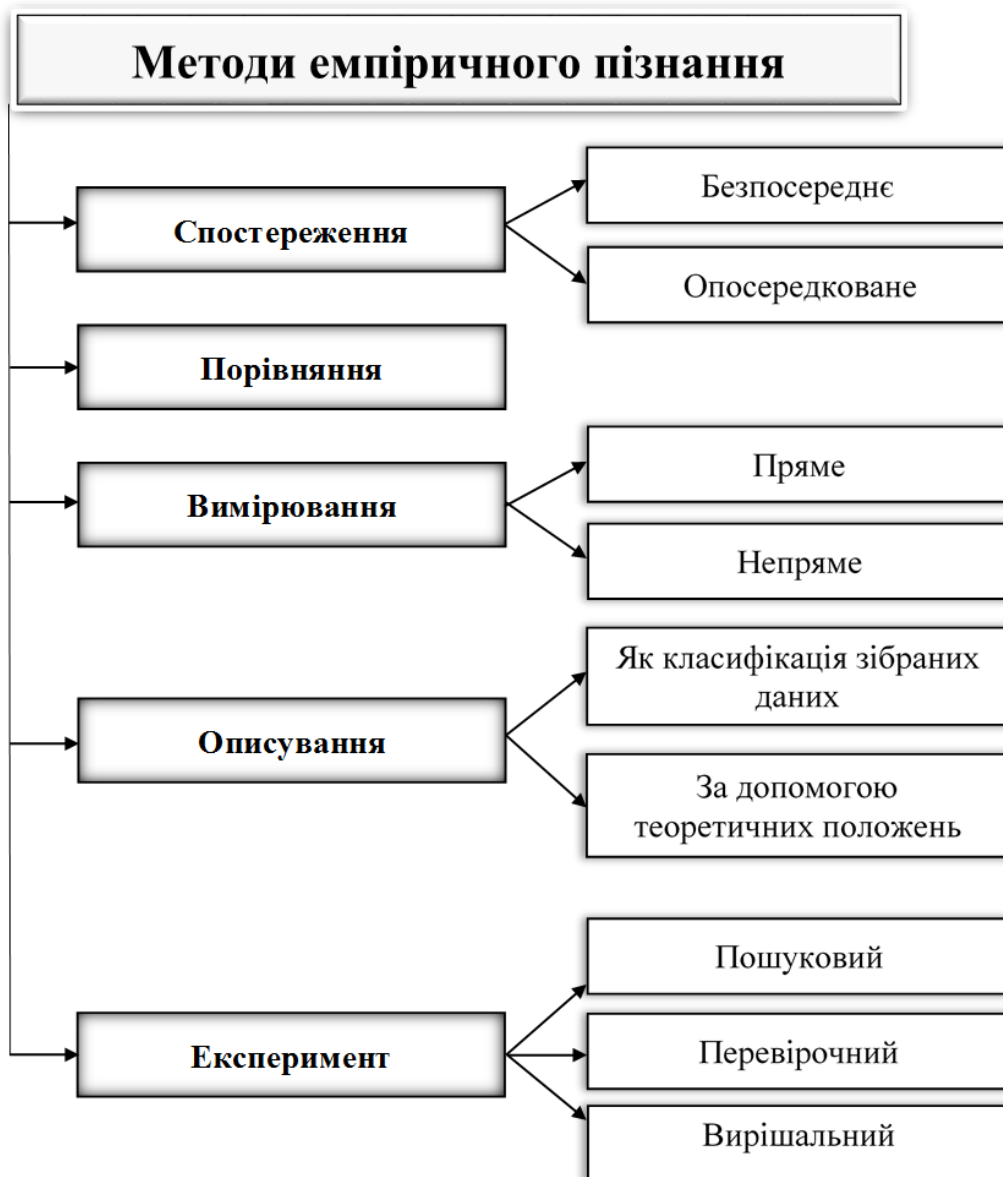


Рис. 3.4. Методи емпіричного пізнання

Емпіричним називають наукове знання, одержане на основі спостереження і експерименту, їх результати фіксуються органами відчуттів або приладами, що їх замінюють, і дають уявлення про властивості і відношення досліджуваних явищ. Викладене мовою понять, категорій, знакових систем, емпіричне знання стає основою для подальшого розвитку наукового знання.

На цьому рівні отримують знання про певні події:

- *здійснюється збір фактів* (фіксація подій, явищ властивостей, відносин, отримання статистичних даних на основі спостережень, вимірювання, експерименту та їх класифікація);

- *виявляються властивості об'єктів або процесів*, що цікавлять дослідника;

- *фіксуються відношення і встановлюються емпіричні закономірності*. Емпіричний рівень більше пов'язаний зі знанням, отриманим безпосередньо з джерел і в цьому відношенні є більш об'єктивним.

Емпіричним способом виявлені, наприклад, закон Шарля про залежність тиску газу і його температури, закон Гей-Люссака про залежність об'єму газу і його температури, закон Ома про залежність сили струму від його напруги і опору. Теоретичне наукове пізнання розглядає природні явища більш абстрактно, оскільки має справу з об'єктами, які в звичайних умовах спостерігати і вивчати неможливо. Таким шляхом були відкриті: закон про всесвітнє тяжіння, про перетворення одного виду енергії в іншу і його збереження.

Так розвивається електронна і генна інженерія. Цей вид пізнання заснований на побудові тісного зв'язку один з одним принципів, понять, теоретичних схем і логічних наслідків, що витікають з вихідних тверджень.

Спостереження – цілеспрямоване зосередження уваги дослідника на явищах експерименту або природи, їх

кількісна та якісна реєстрація. Основними вимогами до спостереження є такі:

- одержання однозначних результатів досліджень;
- об'єктивність, тобто можливість контролю за допомогою повторного спостереження;
- використання для спостереження точних приладів;
- правильна інтерпретація результатів спостережень.

Факт – поняття, що має виражену суб'єкт-об'єктну природу, яке фіксує реальну подію або результат діяльності (онтологічний аспект) і, що вживається для характеристики особливого типу емпіричного знання, яке, з одного боку, реалізує вихідні емпіричні узагальнення, будучи безпосереднім базисом теорії або гіпотези (в окремих випадках й самої теорії), а з другого боку – несе у своєму вмісті сліди семантичного впливу останніх (логіко-гносеологічний аспект).

Без систематизації та узагальнення, без логічного осмислювання фактів не може існувати жодна наука. Хоча факти потрібні вченому, як повітря, але окремо взяті вони ще не наука. Наука будується з фактів, як будинок будується з цегли; але сума фактів не є наука, також як купа цеглин не є ще будинком. У науці недостатньо встановити певний науковий факт. Важливим є пояснення його з позиції науки, обґрунтування загально-пізнавального, теоретичного та практичного його значення. Накопичення наукових фактів в процесі досліджень є творчим процесом, в основі якого завжди лежить задум вченого, його ідея. Наукове пізнання – дуже трудомісткий і складний процес, який потребує постійної високої напруги, праці з натхненням. Воно прирівнюється до подвигу і потребує максимальної напруги енергії людини, її мислення і дій, інакше воно перетворюється в ремісництво і ніколи не надасть нічого суттєвого.

Факти стають складовою частиною наукових знань, якщо вони виступають у систематизованому узагальненому вигляді.

Будь-яке наукове дослідження, від творчого задуму до

закінченої наукової праці, здійснюється індивідуально. Спираючись на загальні та часткові методи дослідження, вчений отримує відповідь на те, з чого потрібно розпочинати дослідження, як узагальнити факти і яким шляхом йти до висновків. При цьому закономірним є дотримання таких рекомендацій:

- нічого не сприймати за істину, що не є достовірним і аксіоматичним;
- складні питання розділяти на стільки частин, скільки потрібно для вирішення проблеми;
- починати дослідження з найпростіших і найзручніших для пізнання речей до складних і важких;
- зупинятись на всіх подробицях, на все звертати увагу, щоб бути впевненим, що нічого не випущено;

В науці недостатньо встановити новий науковий факт, досить важливо дати йому пояснення з позицій науки, показати його загально-пізнавальне теоретичне або практичне значення, а також завчасно передбачити невідомі раніше нові процеси та явища.

Для емпіричного рівня пізнання характерне використання таких методів дослідження об'єктів, як *спостереження, експеримент, вимірювання і опис*.

Спостереження – система фіксації і реєстрації властивостей і зв'язків досліджуваного об'єкта.

Пізнавальні можливості методу спостереження залежать від характеру і інтенсивності чуттєвого сприйняття особливостей об'єкта спостереження, умов спостереження, досконалості вимірювань. При сприятливих умовах цей метод забезпечує досить велику і різнобічну інформацію для формування і фіксації наукових фактів.

Функції методу спостереження: *фіксація і реєстрація інформації та попередня класифікація фактів*.

Експеримент – це система пізнавальних операцій, яка здійснюється щодо об'єктів, поставлених в такі умови (спе-

ціально створювані), які повинні сприяти виявленню, порівнянню, вимірюванню об'єктивних властивостей, зв'язків, відносин.

Розрізняють три основні сфери для експерименту:

- лабораторний (для природничих і технічних наук);
- виробничий;
- соціальний (для економічних, політичних наук).

Експеримент є важливим (а в ряді випадків навіть вирішальним) елементом практики, тому він виступає як основа формування гіпотез і теорії і разом з тим як критерій істинності теоретичних знань. Разом з тим теорія завжди виступає як визначальна сторона експерименту.

Ефективність експерименту у вирішальній мірі визначається глибиною і всебічністю обґрунтування умов проведення експерименту і його цілей.

Вимірювання – система фіксації і реєстрації кількісних характеристик вимірюваного об'єкта. Для економічних і соціальних систем процедури вимірювання пов'язані з показниками: статистичними, звітними, плановими; одиницями виміру.

Використання методу вимірювання вимагає всебічного врахування єдності кількісної та якісної сторін досліджуваного об'єкта. Метод вимірювання знаходить своє вираження в математичному відтворенні кількісних і якісних характеристик об'єкта при експерименті.

Опис – специфічний метод отримання емпіричного знання. Його суть полягає в систематизації даних, отриманих в результаті спостереження, експерименту, вимірювання.

Дані виражаються мовою певної науки у формі таблиць, схем, графіків та інших позначень. Завдяки систематизації фактів, узагальнюючих окремі сторони явищ, досліджуваний об'єкт відбивається в цілому. Таким чином, класифікація даних спостереження, експерименту, вимірю-

вання, що має місце в описі, робить факти базисом для подальших логічних операцій.

Як метод отримання нового знання, опис може здійснюватися:

- засобами мови (явища описуються без строгої вказівки їх кількісних характеристик);
- статистичними методами (таблиці, ряди, індекси тощо);
- графічними методами (графіки, діаграми) тощо.

Теоретичне пізнання – це відображення внутрішніх зв'язків і закономірностей становлення, розвитку та існування об'єктів, які з'ясовуються шляхом раціонального опрацювання даних емпіричного дослідження. Теоретичний рівень пізнання (рис. 3.5) забезпечує перехід від конкретного або конкретно-почуттєвого дослідження до абстрактного, що дає можливість виявити і сформулювати суттєве, головне.

Абстрагування на теоретичному рівні пізнання є одним із головних способів проникнення в сутність явищ навколишньої дійсності. Теоретичний спосіб пізнання пов'язує із змістовим узагальненням об'єктів дослідження. В основі узагальнення лежить аналіз, спрямований на виділення основи, властивої для різноманітних явищ. Встановлено, що на теоретичному рівні пізнання дослідник моделює явища, що вивчаються, аналізує умови, за яких вони протікають, узагальнює емпіричні дані, визначає практичну цінність тих чи інших методів дослідження.

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

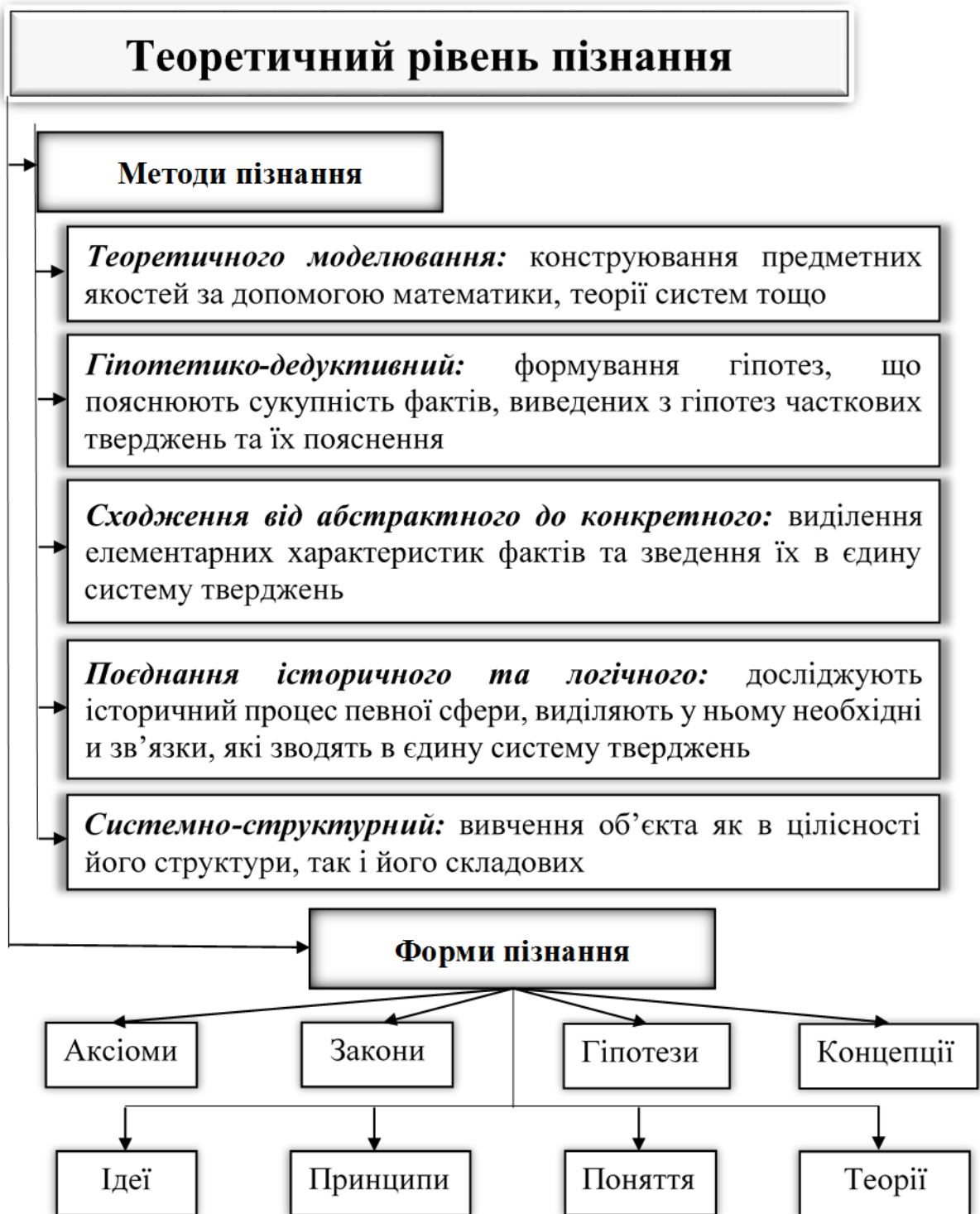


Рис. 3.5. Структура процесу теоретичного пізнання

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

- пізнавальної діяльності спеціально підготовлених груп людей, які досягли певного рівня знань, навичок, розуміння,

виробили відповідні світоглядні та методологічні настанови;

- об'єктів пізнання;
- предмета пізнання;
- особливих методів та засобів пізнання;
- сформованих логічних форм пізнання та мовних засобів;
- результатів пізнання, що виражаються в законах, теоріях, наукових гіпотезах;
- цілей, що спрямовані на досягнення істинного знання.

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

Ідея – відображає зв'язки та закономірності дійсності й спрямована на її перетворення, а також поєднує істинне знання про дійсність і суб'єктивну мету її перетворення.

Наукова ідея – інтуїтивне пояснення явища без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на основі яких робиться висновок. Вона базується на набутих знаннях, але розкриває раніше не виявлені закономірності. Свою специфічну матеріальність ідея знаходить у гіпотезі.

Проблема – це форма та засіб наукового пізнання, в яких поєднуються два змістовних елементи: знання про незнання і передбачення можливості наукового відкриття.

Гіпотеза – це форма та засіб наукового пізнання, за допомогою яких формується один з можливих варіантів розв'язання проблеми, істинність якого ще не з'ясована і не доведена.

Гіпотеза – це припущення про причину, яка викликає даний наслідок. В основі гіпотези завжди лежить припущення, достовірність якого на певному рівні науки і техніки

не може бути підтверджена.

Існують певні правила висунання гіпотези:

- відповідність гіпотез фактам, яких вона стосується;
- з багатьох висунутих гіпотез найбільш придатною є та, яка пояснює більшу кількість фактів;
- для пояснення серії фактів зв'язок гіпотез із ними мусять бути найтіснішим;
- гіпотези, які знаходяться у протиріччі, не можуть бути одноразово істинними;
- висуваючи гіпотези, потрібно усвідомлювати імовірність їх висновків.

Якщо гіпотеза узгоджується з фактами, що спостерігаються, то в науці її називають теорією або законом. З накопиченням нових фактів одна гіпотеза може бути замінена іншою лише у тому випадку, коли ці нові факти не можна пояснити попередньою гіпотезою або вони суперечать їй. При цьому часто попередня гіпотеза не відкидається повністю, а тільки виправляється й уточнюється. В ході уточнення і виправлення гіпотеза перетворюється на закон.

Концепція – це форма та засіб наукового пізнання, яка є способом розуміння, пояснення, тлумачення основної ідеї теорії. Це науково обґрунтований та в основному доведений вираз змісту майбутньої теорії, який ще не є логічною системою точних наукових понять.

Закон – це внутрішньо суттєвий зв'язок між явищами, який обумовлює їх необхідний закономірний розвиток. Закон виявляє визначений стійкий зв'язок між явищами або властивостями матеріальних об'єктів.

Закон носить об'єктивний характер і існує незалежно від свідомості людей. Пізнання законів становить головне завдання науки і виступає основою перетворення людьми природи і суспільства.

Існують три основні групи законів:

- *специфічні або часткові;*

- загальні для великих груп, явищ (закон відповідності розвитку продуктивних сил виробничих відносинам);
- загальні або універсальні (наприклад, закони діалектики).

Між загальними і частковими законами існує діалектичний взаємозв'язок: загальні закони діють через часткові, а часткові є проявом загальних.

Парадокс (у широкому розумінні) – це твердження, що різко розходиться зі загальноприйнятим, заперечує те, що вважається «безумовно правильним».

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

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

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

Наукова теорія – система достовірних, глибоких та конкретних знань про дійсність, що має струнку логічну структуру та дає цілісне уявлення про об'єкт. Загалом процес наукового теоретичного дослідження можна розділити на такі етапи (рис. 3.6):

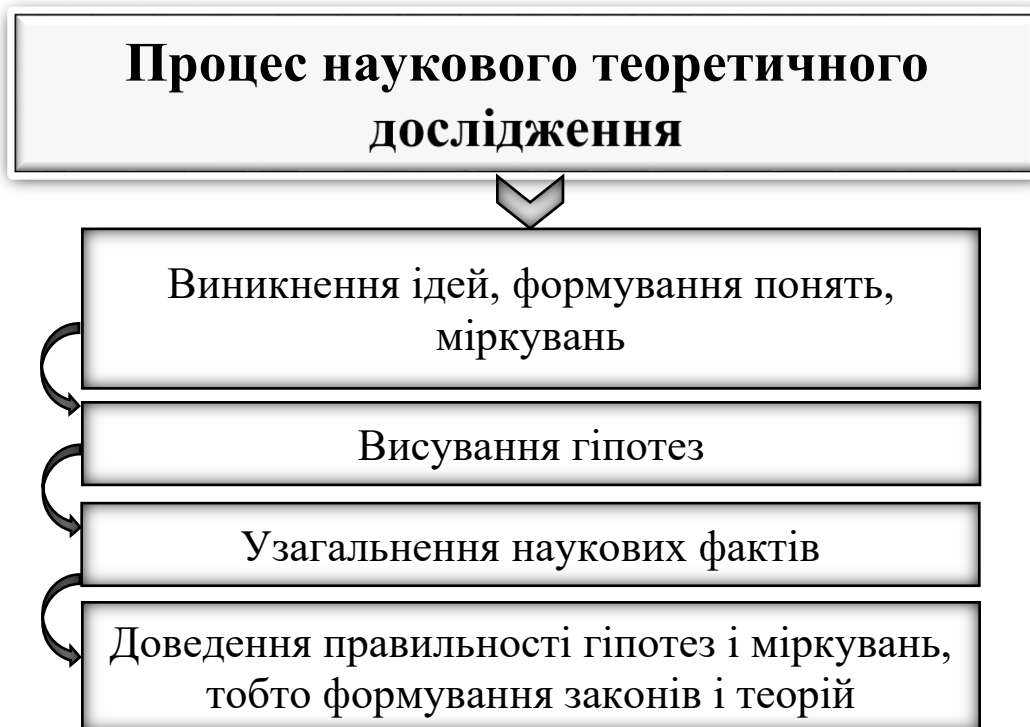


Рис. 3.6. Процес наукового теоретичного дослідження

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

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

Аксіома (постулат) – це положення, яке береться за вихідне для певної теорії й з якого формують усі наступні пропозиції й висновки теорії за попередньо фіксованими правилами. У сучасній логіці й методології науки постулат і аксіома завжди використовуються як еквівалентні.

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

Теоретичний рівень пізнання представляє собою як би розріз досліджуваного об'єкта під певним кутом зору, заданим світоглядом дослідника. Він будується з цільовою

спрямованістю на пояснення об'єктивної реальності і його головною задачею є опис, систематизація і пояснення усієї безлічі даних емпіричного рівня.

Теоретичний рівень відрізняється від емпіричного тим, що на ньому відбувається наукове пояснення фактів, отриманих на емпіричному рівні. На цьому рівні формуються конкретні наукові теорії і він характеризується тим, що в ньому оперують з інтелектуально контрольованим об'єктом пізнання, в той час як на емпіричному рівні – з реальним об'єктом. Значення його в тім, що він може розвиватися як би сам по собі, без прямого контакту з дійсністю. Природно, що вихідні принципи повинні співвідноситися з дійсністю.

Теоретичний рівень пізнання характеризується зіставленням, побудовою і розвитком наукових гіпотез і теорій, формулюванням законів і виведенням з них логічних наслідків для застосування теоретичних знань на практиці.

Теоретичний рівень є найвищим рівнем наукового пізнання. На цьому рівні особливо важливе значення мають *ідеалізація і уявний експеримент*.

Уявний експеримент є аналогом матеріального. В процесі уявного експерименту об'єкт дослідження перетворюється і виступає як ідеалізований предмет, як результат абстракції.

Ідеалізація завжди є і продуктом і результатом діяльності, результатом уявного конструювання і вихідним пунктом теоретичного мислення.

Схему теоретичного рівня пізнання можна представити таким чином (рис. 3.7). Представлена схема дозволяє визначити основні характеристики теоретичного пізнання:

- об'єкт пізнання визначається цілеспрямовано під впливом внутрішньої логіки розвитку науки або нагальних вимог практики;
- предмет пізнання ідеалізовано на основі уявного експерименту і конструювання;
- пізнання здійснюється в логічних формах, під якими

розуміється спосіб зв'язку елементів, що входять у зміст уявлення про предметний світ.

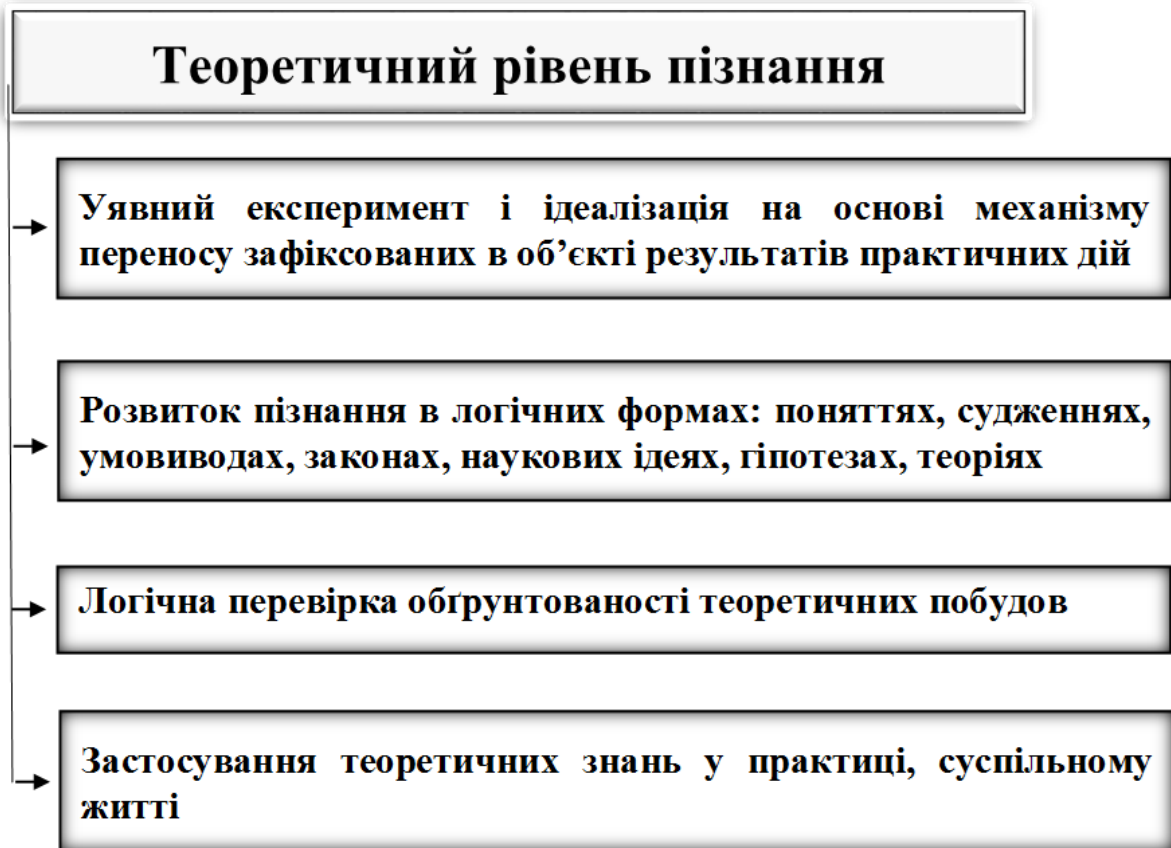


Рис. 3.7. Алгоритм теоретичного рівня пізнання

Логічні форми є відображенням світу, підсумком фіксації повторюваних відносин речей, зафіксованих у людській практиці.

Філософські методи. Роль філософії у науковому пізнанні зумовлена наявністю двох крайніх моделей, що склалися у вирішенні цього надзвичайно складного питання, серед яких:

- *умоглядно-філософський підхід* (натурфілософія, філософія історії та ін.), суть якого полягає у прямому виведенні вихідних принципів наукових теорій безпосередньо з філософських принципів, окрім аналізу матеріалу даної науки;
- *позитивізм*, згідно якого «наука сама собі філософія».

Роль філософії у частковому науковому пізнанні або абсолютизується, або, навпаки, принижується аж до повного заперечення. І хоча обидві моделі мали певні позитивні результати, згоди між ними не було досягнуто.

Як показує історія пізнання і самої філософії, в її впливі на процес розвитку науки та її результати, можуть бути виділені такі основні характерні моменти:

- Інтегративна функція філософії, що являє собою системне, цілісне узагальнення та синтез різноманітних форм пізнання, практики, всього людського досвіду.

- Критична функція філософії, що спрямована на всі сфери людської діяльності. При цьому критика має носити конструктивний характер, з пропозицією нового рішення, а відсутність конструктивно-критичного підходу межує з апологетикою.

- Філософія розробляє певні моделі реальності, крізь призму яких вчений дивиться на свій предмет дослідження, і дає узагальнюючу карти світу в його універсально-об'єктивних характеристиках.

- Філософія озброює дослідника знанням загальних закономірностей самого пізнавального процесу в його цілісності й розвитку, в єдності всіх його рівнів.

- Філософія дає науці найбільш загальні методологічні принципи, що формулюються на основі певних категорій. Звідси, принципи філософії реально функціонують в науці у вигляді загальних регулятивів, універсальних норм, що формують у своїй сукупності методологічну програму найвищого рівня.

- Вчений отримує від філософії певні світоглядні ціннісні настанови та смисложиттєві орієнтири, а сама філософія певним чином впливає на наукове пізнання на всіх його стадіях, особливо при побудові фундаментальних теорій.

Філософські методи не завжди прямо проявляють себе у наукових дослідженнях, оскільки можуть застосовуватися як свідомо, так і стихійно. Однак у будь-якій науці наявні

елементи всезагального значення, такі як закони, категорії, поняття, причини тощо, які і роблять будь-яку науку так званою «прикладною логікою».

Філософські методи – це не жорстко фіксовані регулятиви, а система «м'яких» принципів, операцій, прийомів, що носять всезагальний, універсальний характер, тобто знаходяться на вищих «поверхах» абстрагування. Тому філософські методи не описуються у чітких термінах логіки та експерименту, не піддаються математизації та формалізації. Вони задають лише найбільш загальні регулятиви дослідження, його генеральну стратегію, але не заміняють спеціальні методи і не визначають остаточний результат пізнання прямо і безпосередньо.

Гіпотетико-дедуктивний метод – це метод наукового пізнання, сутність якого полягає у створенні системи дедуктивно пов'язаних між собою гіпотез, з яких виводяться твердження щодо емпіричних фактів. Звідси, метод ґрунтується на виведені (дедукції) умовиводів з гіпотез та інших посилянь, істинне значення яких невідоме. А це означає, що умовивід, отриманий на основі даного метода, буде мати лише вірогіднісний характер. З логічної точки зору гіпотетико-дедуктивний метод являє собою ієрархію гіпотез, ступінь абстрактності й спільності яких збільшується по мірі віддаленості від емпіричного базису.

Сходження від абстрактного до конкретного – це метод теоретичного дослідження і викладу, який полягає у русі наукової думки від вихідної абстракції (однобічне, неповне знання) через послідовні етапи поглиблення і розширення пізнання до результату – цілісному відтворенню у теорії предмета, що досліджується. Передумовою даного метода є сходження від чуттєво-конкретного до абстрактного, виокремлення у мисленні окремих сторін предмета та їх «закріплення» у відповідних абстрактних визначеннях. Рух пізнання від чуттєво-конкретного до абстрактного – це і є рух від одиничного до загального, тут домінують такі логічні

прийоми як аналіз та індукція.

Часткові методи наук (внутрішньо- та міждисциплінарні). Вони застосовуються в кожній окремій галузі знання, в кожній науковій дисципліні, хоча чітко «прив'язати» конкретні способи дослідження саме до певної дисципліни дуже важко, не дивлячись на те, що кожна з них і має відносно своєрідний методологічний інструментарій. Поглиблення взаємозв'язків наук призводить до того, що результати, прийоми і методи одних наук все більш широко використовуються в інших, наприклад, застосування фізичних та хімічних методів у біології та медицині. Це породжує проблему методів міждисциплінарного дослідження. Застосування методу однієї науки в інших галузях знання здійснюється в міру того, що їх об'єкти підпорядковуються законам цієї науки. При цьому метод, характерний для однієї галузі знання, діє в інших вже як підпорядкований. Так, всі природничі науки, мають два основних загальнонаукових методи отримання психологічних фактів: метод спостереження і метод експерименту. Кожен з цих методів має ряд модифікацій, що уточнюють, але не змінюють його сутності.

Розрізняють такі види спостереження: зріз (короткотривале спостереження), лонгітюдинальне (довготривале, іноді багаторічне спостереження за окремою групою), суцільне (досліджуються представники всієї групи, яка вивчається), вибіркоче (шляхом представницької вибірки) та включене спостереження (коли спостерігач стає членом досліджуваної групи). Щодо експерименту, то виділяють два його різновиди: природний та лабораторний.

Щодо спеціальних методів наукового дослідження, то у психології застосовується, наприклад, метод аналізу продуктів діяльності. Продуктами діяльності людей є створені ними різні речі, написані книги, листи, винаходи тощо. За ними можна певною мірою судити про особливості діяль-

ності, що призвела до їх створення, і включених у цю діяльність психічних процесів.

Традиційна модель наукового пізнання передбачає рух по ланцюжку: *встановлення емпіричних фактів → первинне емпіричне узагальнення → виявлення відхилень фактів від правил → винахід теоретичної гіпотези з новою аргументацією → логічний висновок (дедукція) з гіпотези всіх фактів спостереження, що є перевіркою на її істинність.*

Отже, процес наукового дослідження достатньо тривалий і складний. Він починається з виникнення ідеї, а завершується доведенням правильності гіпотези і суджень.

Головні етапи наукового дослідження представлені на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Етапи наукового дослідження

Але в науці недостатньо встановити будь-який науковий факт. Важливим є пояснення його з позиції науки, обґрунтування загально-пізнавального, теоретичного та практичного його значення. Накопичення наукових фактів в процесі досліджень є творчим процесом, в основі якого завжди лежить задум вченого, його ідея.

Принципи та методи наукового пізнання

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

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

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

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

Сутність *принципу додатковості* полягає в наступному: відтворення цілісності явища вимагає застосування в пізнанні взаємовиключних «додаткових» класів понять. За допомогою додатковості встановлюється еквівалентність між класами понять, комплексно описують суперечливі си-

туації в різних сферах пізнання (загальне розуміння принципу додатковості).

Загальнонаукові методи пізнання

Головними принципами науки є *діалектичний* та *метафізичний*. Перший з них виражається в ідеї розвитку, а другий – в ідеї сталості. Вони мають світоглядний аспект – обґрунтовують матеріальну і духовну єдність світу.

Діалектика застерігає дослідника від того, щоб розглядати досліджуваний предмет як щось постійне і незмінне, а не в процесі його розвитку-виникнення, становлення, функціонування з визначенням можливих перспектив його майбутнього. Тільки володіючи цим загальним методом, дослідник буде бачити суперечливу сутність явищ, процесів, предметів, ясно розрізняти в мисленні суперечності об'єкта дослідження, що відбивають протиріччя досліджуваного об'єкта і суб'єктивні протиріччя, пов'язані з порушенням законів логіки мислення; розуміння, чому єдність і боротьба протилежностей є джерелом, рушійною силою розвитку природи, суспільства, мислення.

Методологічні норми, якими діалектика озброює дослідника, можуть бути сформульовані так: *для дійсного знання предмета мають бути охоплені, вивчені всі його закони, всі зв'язки і опосередкування.*

Метод – це спосіб досягнення поставленої мети. Метод об'єднує суб'єктивні та об'єктивні аспекти пізнання. Метод є об'єктивним, оскільки дозволяє відображати дійсність та її взаємозв'язки. Отже, метод є програмою побудови і практичного застосування теорії. Одночасно з цим метод суб'єктивний, оскільки є знаряддям думки дослідника та включає в себе його суб'єктивні особливості.

Методи досліджень бувають: загальні, що діють у всіх галузях науки і на всіх етапах дослідження; загальнонаукові, тобто придатні для всіх наук; часткові – для певних

наук; спеціальні – для однієї специфічної науки. Такий поділ методів завжди умовний, оскільки в міру розвитку пізнання науковий метод може переходити з однієї категорії в іншу. Загальнонаукові методи пізнання, що застосовуються в практиці наукових досліджень представлені на рис. 3.9.

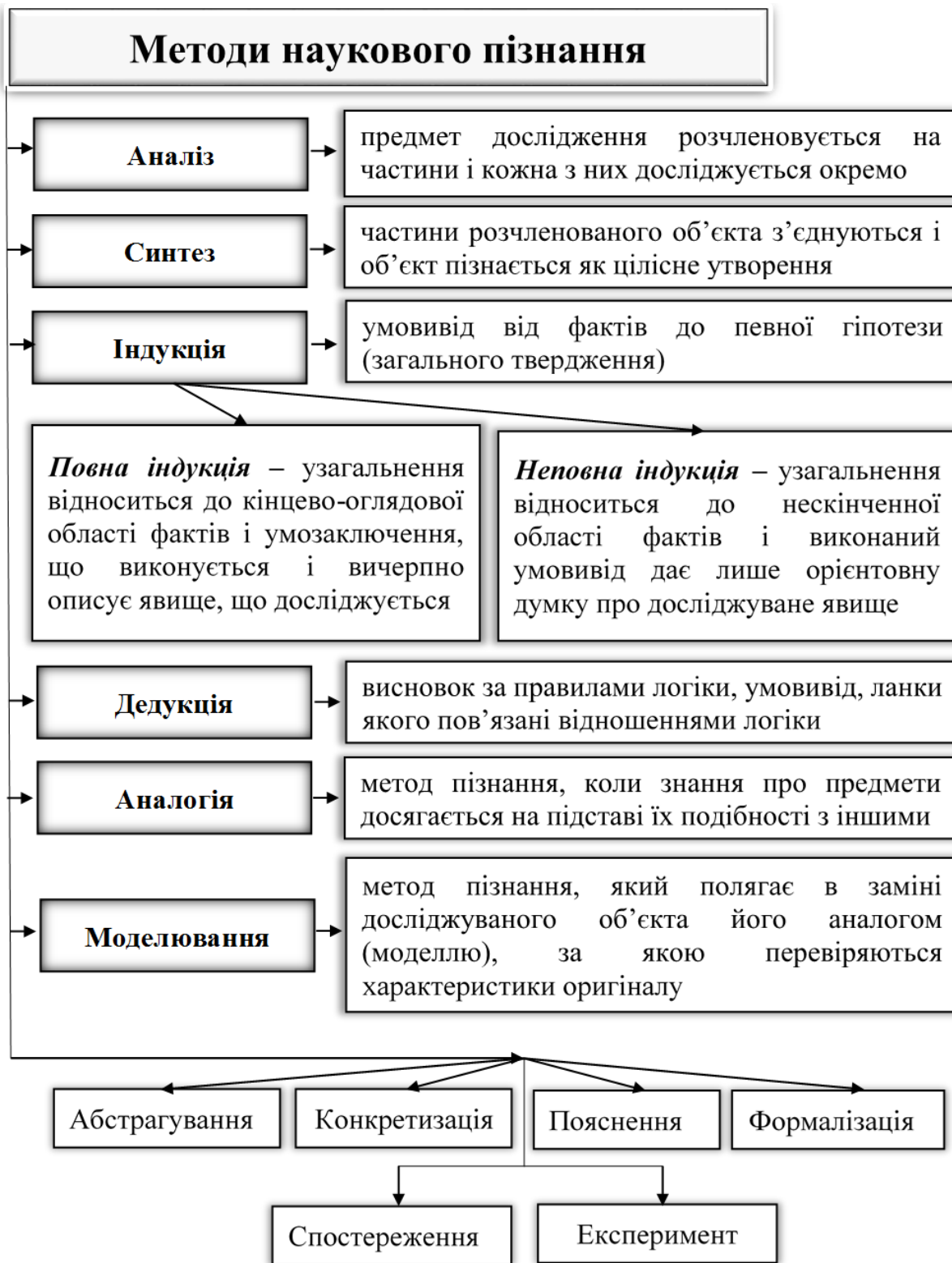


Рис. 3.9. Загальнонаукові методи пізнання

Таким чином, розглянуті вище методи і методологія наукових досліджень дозволяють стверджувати, що методологія не може бути зведена лише до одного методу, адже кожен метод застосовується не ізольовано, а у поєднанні з іншими.

«Ядром» системи методологічного знання є філософія, оскільки її принципи, закони і категорії визначають стратегію наукового дослідження, своєрідно втілюючись у конкретних формах.

Головне призначення будь-якого наукового метода – на основі відповідних принципів (вимог, приписів тощо) забезпечити успішне вирішення певних пізнавальних і практичних проблем, прирощення знання, оптимальне функціонування і розвиток тих чи інших об'єктів.

Аналіз – метод дослідження, за допомогою якого піддослідний об'єкт уявно або практично розчленовується на складові частини з метою більш детального його вивчення.

Наприклад, окремі варіанти спочатку аналізуються в межах окремих повторень, а потім – в цілому по досліді. В наукових дослідженнях застосовують кілька видів аналізу. Один з них полягає в тім, що після розчленування об'єкта на складові частини визначають співвідношення між ними. Іншим видом аналізу є класифікація ґрунтів, рослин, хвороб, шкідників тощо. Відомі також аналізи математичні, формально-логічні та ін. Аналіз як метод досліджень використовують у зв'язку із синтезом.

Синтез – поєднання розчленованих та проаналізованих частин піддослідного об'єкту або кількох об'єктів в єдине ціле.

Мета синтезу – на підставі детального аналізу отримати необхідні дані для більш повних висновків та узагальнень. Певною мірою синтез протилежний аналізу, але вони взаємозалежні та взаємообумовлені. Наприклад, аналізуючи дані кожного повторення, дослідник обчислює середні

арифметичні по кожному варіанту. Аналіз же кожного варіанта призводить до їх об'єднання у досліді, після чого роблять висновки та узагальнення і як кінцевий синтез – дають рекомендації виробництву.

У сучасній науці синтез використовують не тільки для дослідження окремого об'єкта у певній галузі науки, а й окремих наук з виявленням існуючих між ними зв'язків (наприклад, між картографією, землевпорядкуванням, дистанційним зондуванням Землі, геоінформатикою, геодезією, фізикою, математикою, хімією тощо).

Індукція – метод дослідження, за допомогою якого судження ведуться від фактів до конкретних висновків. Наприклад, якщо листя рослин жовтуватє, то роблять висновок про недостатнє азотне живлення; якщо воно набуває фіолетового відтінку, то цей симптом наводить на думку про нестачу фосфору в живленні рослини.

Дедуція – метод дослідження, який дає можливість за допомогою аналізу загальних положень і фактів перейти до часткових і поодиноких висновків. Наприклад оцінюючі вміст та співвідношення поживних елементів у рослинах або за візуальними ознаками роблять висновки про умови азотного, фосфорного чи калійного живлення.

Аналогія – метод дослідження, завдяки якому знання про відомі вже об'єкти, предмети та явища переносяться на інші, ще невідомі, але схожі із відомими і вже раніше вивченими. При цьому висновок робиться за аналогією.

Оскільки ізольовано взята аналогія не має показової сили, то її треба використовувати разом з іншими методами пізнання, додержуючи таких вимог:

- аналогія має ґрунтуватись на істотних ознаках і більшому числі загальних властивостей;
- зв'язки між порівнюваними ознаками повинні бути тісними;
- аналогія як метод має показати не лише схожість об'єктів, а й різницю між ними.

Метод аналогій, застосований на подібності показників, предметів і явищ, є основою моделювання.

Моделювання – метод дослідження об'єктів, процесів і явищ на їх моделях. Сутністю моделювання є заміна об'єктів, які важко вивчати, спеціально створеними зручними моделями. Наприклад, можна моделювати ґрунт, рослинні клітини, окремі органи.

Розрізняють моделювання структури об'єкта і моделювання його поведінки, тобто процесів, які відбуваються в об'єкті досліджень.

Чим повніше модель відображує оригінал, тим результати досліджень моделі будуть більше відповідати результатам об'єкта досліджень. Моделювання як метод застосовується разом з іншими методами, часто з експериментом і має назву модельного експерименту.

Узагальнення – метод, за допомогою якого уявно переходять від окремих фактів, явищ та процесів до ототожнювання у думках або від одного поняття чи судження до іншого, більш загального. Спочатку узагальнюють результати досліджень для кожного повторення, а потім для всього дослідіду в аналогічних умовах.

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

Загальнонаукові методи поділяються на:

- методи емпіричного дослідження (спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент);
- методи, що використовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівні дослідження (абстрагування, аналіз і синтез, індукція та дедукція, моделювання та ін.);
- методи теоретичного дослідження (сходження від абс-

трактного до конкретного, ідеалізація, формалізація, аксіоматичний метод).

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

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

Кожен науковий метод має відповідати таким критеріям:

- *ясність* – загальнозрозумілість методу;
- *детермінованість* – суворая послідовність використання методу;
- *націленість* – підпорядкованість методу досягненню певної мети, розв'язанню певних конкретних завдань;
- *результативність* – здатність методу забезпечувати досягнення певної мети;
- *надійність* – здатність методу з великою ймовірністю забезпечувати отримання бажаного результату;
- *економічність* – здатність методу добиватися певних результатів із найменшими витратами засобів і часу.

До основних загальнонаукових методів пізнання відносять:

- *спостереження* – це спосіб безпосереднього вивчення предметів і явищ за допомогою органів чуття без втручання в процес з боку дослідника;
- *порівняння* – це виявлення відмінностей між об'єктами матеріального світу або знаходження в них спільного за допомогою органів чуття чи спеціальних пристроїв;

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

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

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

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

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

– **формалізацію** – відображення об'єкта або явища в знаковій формі певної спеціальної мови (математики, фізики, хімії тощо) і забезпечення можливості дослідження реаль-

них об'єктів та їх властивостей через формальне дослідження відповідних знаків;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

До методів метатеоретичного рівня відносять тільки діалектичний метод і метод системного аналізу. З допомогою цих методів досліджуються власне теорії й розробляються шляхи їх побудови, вивчається система положень і понять певної теорії, з'ясовуються межі її застосування, способи запровадження нових понять, обґрунтовуються шляхи синтезу декількох теорій. Центральним завданням цього рівня досліджень є пізнання умов формалізації наукових теорій і вироблення формалізованих мов, так званих метамов.

В процесі розвитку технічних наук наукові дослідження виконуються на двох рівнях: *емпіричному* та *теоретичному*. Рівні відрізняються глибиною, повнотою і все-

бічністю дослідження об'єкта; цілями, методами досягнення та способами вираження знань; ступенем значимості в них чуттєвого та раціонального пізнання. На емпіричному рівні здійснюються спостереження за об'єктами, фіксуються факти, проводяться експерименти, виявляються емпіричні співвідношення та закономірні зв'язки між окремими явищами. На теоретичному рівні створюються системи знань, теорії, в яких розкриваються загальні та необхідні зв'язки, формулюються закони в їх системній єдності та цілісності.

На емпіричному рівні пізнавальною функцією є описова характеристика явищ, а результатом – наукові факти, певна сумативність знань, сукупність емпіричних узагальнень, встановлення закономірних зв'язків між окремими явищами, тобто домінує чуттєво-сенситивний компонент у пізнанні.

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

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

3.3 Аксіоматизація наукових теорій

Аксіоматизація знань має поширення в теоретичних розділах природничих наук (біології, квантової механіки та ін.). Вона включає в себе ряд понять (аксіом) наукової теорії, які використовуються для визначення інших понять цієї теорії. Це так звані фундаментальні поняття цієї теорії, значення яких відомі і не потребують визначення. Наприклад,

у механіці Ньютона таким поняттям є поняття сили, а в бухгалтерському обліку – поняття подвійності відображення в обліку господарських процесів. У дедуктивних теоріях вони називаються *первинними поняттями теорії*.

При аксіоматизації знань складається залежність первинних понять (аксіом) і тверджень від інших, що стає принципом побудови теорії. На відміну від аксіоматичних знань, які підтверджені наукою і практикою, знання, істинність яких необхідно довести дослідженням, називають *теоремами*.

Аксіоми і первинні поняття утворюють *базис* теорії. Первинні поняття, як правило, містяться всередині аксіом.

Аксіоматизація наукових теорій має велику пізнавальну цінність. Вона дає змогу ефективно на чіткій науковій основі вирішувати проблему істинності положень теорії. При аксіоматизації теорії, як правило, зберігається велика свобода вибору числа аксіом і конкретних положень. Це саме і первинних понять. Та сама теорія може мати різну аксіоматику. Аксіоматизація наукових теорій можлива лише тоді, коли в ній вже встановлено і перевірено практикою багато положень, і деякі з них стали аксіомами.

Аксіоми фіксують найбільш загальні і важливі відношення між поняттями теорії і тому у змістовому аспекті їм можуть відповідати найважливіші фундаментальні положення. Разом з тим аксіоматична теорія не існує поза системою наукового знання; вона пов'язана з іншими теоріями або входить до складу ширших знань, у яких аксіоми можуть бути доведені, як теореми, а початкові поняття – визначеннями. Істинність аксіоми, тобто правильність аксіоматизації, обґрунтовується практичним положенням усієї системи в цілому та її змістовою інтерпретацією.

У розвитку аксіоматизації знань можна виділити два етапи – змістової і формалізованої аксіоматики.

Змістова аксіоматика характеризується тим, що оріє-

нтується на конкретний зміст теорії знань, які аксіоматизуються.

Формалізована аксіоматика ґрунтується на формалізованих мовах і розумінні доказу як формальної процедури.

Формалізовані мови побудовані на системі символів, які характеризують чітко однозначний опис словника (елементів даної мови) і наявністю особливих структурних правил, що називаються *синтаксисом*. Прикладом таких мов є мови програмування задач для розв'язання на ЕОМ.

Аксіоматизація на основі формалізованої мови полягає в тім, що за аксіому вибирають деякі правильні висновки, їх приймають як істинні. Потім за точно сформульованими правилами формального доказу перетворенням одних правильних висновків у інші одержують наслідки із аксіом.

Інтерпретація – це зведення правильних висновків формалізованої аксіоматизованої системи у взаємно-однозначну відповідність істинним проявом будь-якої змістової теорії. Якщо така відповідність між елементами аксіоматизованої системи і елементами змістової теорії знайдена, формалізована теорія дістає підтвердження, а її прояв набуває змістового характеру.

Системи аксіом, визначення і правила висновку аксіоматизованої системи повинні задовольняти ряду методологічних умов. Для правильного виведення висновків їх зводять до вимог суворого і однозначного формулювання, а також до вимог достатності. Для визначення важливо додержувати двох вимог: усунення і несуперечності.

Вимоги *усунення* визначень зводяться до того, що всяке вираження теорії, що містить визначальне поняття, може бути замінено еквівалентним йому виразом, у якому це поняття відсутнє, а містяться лише первинні поняття теорії. Вимоги *несуперечності* полягають у поєднанні у теорії визначень та понять, які визначаються в процесі наукових досліджень.

Аксіоматизована система може бути несуперечною,

повною і незалежною. Система аксіом будь-якої теорії є *несуперечною*, якщо із неї відповідно до прийнятих правил не можна вивести двох тверджень, одне із яких спростовувало б інше.

Повнота системи аксіом означає, що при цих правилах прийнятих аксіом достатньо, щоб на їх основі довести або відхилити, спростувати будь-який вираз, який сформулювало на мові теорії, до якої належить ця система аксіом.

Незалежність аксіом – полягає в тім, що їх слід добирати так, щоб жодна із них не була наслідком інших аксіом. В протилежному випадку така аксіома є теоремою.

Аксіоматизація знань, а відтак і достовірність наукової теорії, залежать від виявлення причинних зв'язків явищ у методології наукових досліджень. У природі і суспільстві всі явища перебувають у взаємному зв'язку між собою. Такий причинний зв'язок існує у світі об'єктивно, незалежно від свідомості і волі людей. Наприклад, нагрівання металу є причиною такого явища, як розширення металу.

Причиною називається таке явище, яке стає наслідком певних змін початкового стану об'єкта дослідження. За часом причина завжди передує наслідку, а наслідок настає в результаті дії певних причин. Таким шляхом виникають причинно-наслідкові зв'язки явищ, які вивчаються у методології наукових досліджень.

В процесі визначення причинно-наслідкових зв'язків застосовують такі методи: метод подібності, метод розрізнення, метод супутніх змін, метод залишків.

Метод подібності ґрунтується на висновках про подібність порівнюваних причин або наслідків. Цей метод застосовується у наукових дослідженнях в тих випадках, коли необхідно визначити причину будь-якого явища, що виникає за різних умов, але при наявності спільних для всіх явищ обставин. Якщо для двох або більше випадків досліджуваного явища спільна лише одна обставина, то ця обставина і є причиною цього явища. Наприклад, у собівартості одного

із видів продукції перевищення витрат проти діючих норм було за статтями калькуляції «Сировина і матеріали» і «Основна заробітна плата виробничих робітників». Перевитрата сировини зумовлена невимірністю і некратністю металу, тобто порушенням постачальником договірних угод з якості сировини. В процесі виробництва робітники при доведенні сировини до певних якісних кондицій витратили більше часу, що призвело до більших витрат, ніж передбачено нормативами. Таким чином, спільною обставиною обох явищ є порушення постачальником договірних угод поставки сировини за якістю. Ця обставина є причиною перевитрат як сировини, так і заробітної плати.

Слід зазначити, що всі індуктивні методи дослідження причинного зв'язку, у тому числі і метод подібності, дають тільки ймовірні знання про навколишній світ і у цьому полягає обмеженість їх пізнавального значення.

Метод подібності застосовується, як правило, при дослідженні явищ, які можна спостерігати у конкретних умовах. Він не потребує штучного втручання в самий процес досліджуваних явищ. Цей метод застосовується в економічних дослідженнях.

Метод розрізнення застосовується тоді, коли досліджуване явище у одних випадках настає (присутнє), а у інших подібних умовах не настає (відсутнє). Тому всі досліджувані обставини при використанні методу розрізнення ґрунтуються лише навколо двох випадків: перший – коли досліджуване явище настає та другий – досліджуване явище не настає. Якщо випадок, у якому досліджуване явище настає, і випадок, у якому це явище не настає, у всьому подібні, за винятком однієї обставини, то це єдина обставина, в чому вони відрізняються між собою, і є причиною досліджуваного явища.

Цей метод дослідження причинного зв'язку можна проілюструвати на прикладі станції технічного обслуговування.

На станції технічного обслуговування в однакових умовах працювали два цехи з однаковими виробничими потужностями. Проте продуктивність праці у цеху № 1 на 15 % вища, ніж у цеху № 2. Щоб знайти причину цього явища, проведено дослідження за допомогою методу розрізнення. Виявлено, що виробничі приміщення у цеху № 1 пофарбовані в світло-блакитний колір, а в цеху № 2 – у темний. Таким чином, перше явище (пофарбування стін) є причиною другого (зростання продуктивності праці).

Метод супутніх змін застосовується у дослідженнях у тих випадках, коли існує тісний внутрішній зв'язок причин і наслідку, де вони однозначно пов'язані між собою. Якщо виникнення або зміна попереднього явища щоразу викликає виникнення або зміну іншого, супутнього йому явища, то перше з них є причиною другого явища. Так, наприклад, у цеху № 2 станції технічного обслуговування немає належної вентиляції, тому кошторисом цехових витрат на плановий рік передбачено виділити для цієї мети значну суму коштів. Роботи щодо обладнання вентиляції не було проведено і зазначена сума коштів виявилася зекономленою. Відсутність вентиляції позначилась разом з іншими причинами на збільшенні захворюваності працівників, яким за рахунок коштів соціального страхування виплачено більше, ніж становлять, передбачені на вентиляцію.

У цьому випадку друге явище є причиною першого щодо соціальної й економічної залежності.

Метод залишків застосовується в разі дослідження складного комплексу попередніх обставин, де одна частина компонентів цього комплексу вже вивчена, а інша підлягає вивченню.

Якщо встановлено, що причиною частини складного досліджуваного явища не служать відомі попередні обставини, крім однієї з них, то можна припустити, що ця обставина і є причиною частини досліджуваного явища.

Наприклад, якщо досліджують продуктивність праці на

промисловому підприємстві, то у собівартості продукції вивчають витрати, пов'язані з оплатою праці, а інші витрати не враховують. Цей метод використовується в економічних дослідженнях як *елімінування*, тобто коли вилучають фактори, які безпосередньо не впливають на економічний результат.

Причинно-наслідкові зв'язки об'єктів, які вивчаються, у методології наукових досліджень виступають у вигляді *визначення* – логічного прийому, що дає змогу передати відмінність ознак і результатів дослідження за допомогою мовних засобів. Визначення неможливо сформулювати на перших етапах вивчення об'єкта, коли ще не виявлені його істотні ознаки. Вони відображають головне у дослідженні предмета і допомагають виявити менш суттєві, похідні ознаки.

Мовною формою визначення поняття є ім'я. Якщо визначення відповідає на запитання, яке поняття позначається цим ім'ям, то воно називається *номінальним*. Особливістю номінального визначення є те, що воно не розкриває змісту поняття. Визначення, яке розкриває зміст поняття, називається *реальним*. Крім того, розрізняють *вербальне* визначення, що пояснює поняття, позначене цим словом. Наприклад, план виробництва товарів народного споживання підприємство виконало, застосувавши більш прогресивну технологію, яка позитивно впливає на якість і кількість виробництва продукції.

Визначення повинно бути *коротким* і *точним*, тобто вільним від метафоричних (інакомовність), фігуральних висловів. Наявність останніх перетворює логічне визначення у простий образ. Ці образи можуть виражати правильну думку, але меті наукового визначення вони не відповідають.

У наукових дослідженнях необхідно дотримуватися формально-логічних правил визначення методологічних принципів філософії. Діалектична логіка вимагає вивчення предмета у всіх його зв'язках, у розвитку, зважаючи на

практичну діяльність людей.

Оскільки логічне визначення не завжди можливе і не завжди є найбільш зручним засобом розкриття змісту понять у дослідженнях, при встановленні змісту об'єктів застосовуються також інші прийоми, подібні до визначення. До них належать:

опис – викладення ознак предмета, явища, події;

характеристика – розкриття найбільш типових ознак предмета;

відмінність будь-яких конкретних об'єктів не від усіх інших, а лише від найбільш подібних до них (економіст-бухгалтер, економіст-фінансист);

пояснення – розкриття не всього змісту поняття, а лише частини його з певною метою, яка може полягати у тому, щоб підготувати чітке логічне визначення (наприклад, здатність до аналітичного мислення економіста відрізняє його від математика, який мислить абстрактно);

порівняння – застосовується для пояснення одного поняття іншим, більш зрозумілим, абстрактно-конкретним (наприклад, обсяг виробництва вимірюється показником нормативно чистої продукції).

Значення визначень полягає, з одного боку, в тім, що в них підсумовується головне в наших знаннях про досліджувані об'єкти, а з іншого – в тім, що вони є основою для подальшого розвитку наших знань. Без них неможливо обійтись у будь-якій науці і дуже часто – в практичній діяльності, наприклад, при контролі і аудиті господарської діяльності підприємств, підприємців та ін.

3.4 Гіпотези у методології наукових досліджень

Гіпотеза – наукове припущення, що висувається для пояснення будь-якого явища і потребує перевірки на досліді та теоретичного обґрунтування, для того щоб стати достовірною науковою теорією.

Наукові теорії не можуть з'явитися одразу у готовому вигляді. Вони виникають спочатку у вигляді припущень, гіпотез, і, пройшовши певну перевірку, перетворюються в достовірні знання. Підставою висунення гіпотези як форми розвитку знання є суспільно-історична практика людей і попередні знання у вигляді основних законів розвитку і пізнання дійсності.

Кожна висунута гіпотеза має бути такою, що підлягає перевірці; це є єдиною логічною вимогою, виконання якої дає право на висунення гіпотези. Для пояснення тих самих явищ, подій можуть бути висунуті різні гіпотези.

Для висунутої гіпотези не обов'язкове повне узгодження з фактичним матеріалом дослідження. По-перше, не можна забороняти висунення гіпотез, які суперечать установленим у науці законам, бо така заборона несумісна з розвитком науки. По-друге, вимога втрачає сенс, якщо дані, якими користується вчений, неповні або недостовірні.

Гіпотеза, як форма розвитку знання, являє собою окреме припущення або їх сукупність, які висуваються для пояснення властивостей або причин досліджуваних явищ.

Прикладом гіпотези можуть бути такі міркування: показник нормативної чистої продукції (НЧП), що застосовується для планування обсягу виробництва у промисловості, дає змогу встановити трудовий внесок підприємства у випуск продукції, але не повною мірою стимулює зниження трудомісткості її. Виникає гіпотеза про потребу удосконалення показника НЧП у частині впливу його на зростання продуктивності праці робітників підприємства. Ця гіпотеза дає змогу побудувати систему знань, що приводять до нових результатів, пов'язує раніше відоме з невідомим. Без достовірного знання, яке становить фундамент гіпотези, вона не має наукової цінності.

Процес розвитку гіпотези проходить чотири стадії (рис. 3.10.):



Рис. 3.10. Процес висування і доказу гіпотез у наукових дослідженнях

висування гіпотез – вивчення об'єкта дослідження на-
 громадженням теоретичних і емпіричних знань і обґрунту-
 ванням на їх основі припущення про можливість одержання
 нових знань про нього;

формулювання гіпотез – визначення методів дослі-
 дження і системи доказів;

доведення гіпотез в процесі дослідження і експериментування, їх уточнення і коригування;

результати доведення гіпотез – доповнюється новими припущеннями або відкидається, замінюється новими гіпотезами або перетворюється у достовірне знання.

В процесі дослідження гіпотеза безумовно уточнюється і змінюється залежно від добутих результатів. Проте перш ніж приступити до її формулювання і розробки докладного плану і методики дослідження, необхідно гіпотезу попередньо піддати теоретичним розрахункам, експертній оцінці, орієнтованому експерименту і тільки після цього розпочинати її дослідження.

Для того щоб гіпотеза могла виконувати свою основну функцію як форма розвитку знання, необхідно керуватися деякими вимогами в процесі висунення її. Найважливішим з них є те, що гіпотеза повинна відповідати основним критеріям філософії. Роль філософії в розвитку гіпотез полягає в тому, щоб спрямувати мислення вченого у русло науки узагальнення фактів відповідно до їх об'єктивної природи. Основний зміст гіпотези не повинен суперечити законам, встановленим в певній системі знань. У противному разі гіпотеза не сприятиме розвитку даної науки і врешті-решт відкидається. Проте цю вимогу не можна абсолютизувати, бо вона виключила б можливість розвитку знань. Якщо виникає суперечність між висунутою гіпотезою і раніше доведеними положеннями цієї науки, то сумніватися треба насамперед у гіпотезі. Але якщо нові аргументи дедалі більше укріплюють гіпотезу, то слід перевірити, наскільки достовірна та теорія, яка суперечить висунутій.

При висуванні гіпотези необхідно прагнути за її допомогою пояснити не частину будь-яких факторів чи явищ, а всю їх сукупність. Сформульовані пропозиції, що становлять зміст гіпотези, не повинні бути логічно суперечливими, тобто одне не повинно бути формально-логічним за-

переченням іншого. Формально-логічні суперечності вносять у зміст знань суб'єктивний характер, який призводить до викривлення дійсності.

Гіпотеза має бути гранично простою, тобто такою, яка не потребує введення нових гіпотез або припущень, при збільшенні кількості спостережень і підвищенні їх точності. Простота виступає своєрідним критерієм, який дає змогу зробити вибір між кількома різними гіпотезами.

Для гіпотези характерно прагнення на основі узагальнення вже наявних знань вийти за її межі, тобто сформулювати нові положення, істинність яких ще не доведена.

Подальший розвиток гіпотези полягає в її доведенні, інакше людина не може керуватися гіпотезою ні в теоретичній, ні в практичній діяльності.

З приводу того самого досліджуваного об'єкта може висуватися кілька гіпотез. При цьому можуть бути гіпотези, які взаємно виключають одна одну. І це справджується багатозначними зв'язками об'єкта з іншими явищами, які встановлені в процесі дослідження. Тому висування кількох гіпотез, в тому числі і таких, що взаємно виключають одна одну, не можна вважати похибкою висування і формулювання гіпотези. Доки не встановлено, у чому полягає індивідуальна особливість досліджуваного об'єкта, наявність різних гіпотез забезпечує його всебічне вивчення, без чого неможливо встановити нові закономірності і зробити за ними наукові узагальнення.

Перевірка або доведення гіпотези, її подальшого розвитку передбачає кілька можливостей.

Гіпотеза може розвиватися, уточнюватись, конкретизуватись, доповнюватись новими положеннями, залишаючись при цьому гіпотезою.

Розвиток гіпотези може призвести до її відхилення. Якщо в процесі обґрунтування гіпотези будуть виявлені факти і закономірності, що відхиляють основний зміст гіпо-

тези, то постає питання про заміну її новою гіпотезою за іншими принципами, так званою *робочою гіпотезою*.

В процесі розвитку робоча гіпотеза перетворюється в достовірне знання. Це відбувається тоді, коли доведено істинність принципу, який лежить в основі гіпотези, не окремими фактами, а сукупністю практичних результатів.

Окремі факти підтверджують гіпотезу, збільшують її вірогідність, але не доводять повністю. Вирішальним фактором перетворення гіпотези у достовірне знання є практика. При цьому гіпотеза перетворюється у достовірне знання у двох випадках: описана гіпотезою причина досліджуваного явища стає доступною прямому спостереженню або положення, яке становить основний зміст гіпотези, можна вивести як наслідок із достовірних посилок.

На підставі гіпотези у наукових дослідженнях намагаються вивести якомога більшу кількість наслідків. Якщо всі наслідки погоджуються з даними спостереження і досліду і жодна з них не суперечить цим даним, то гіпотезу вважають ймовірною. В цьому випадку гіпотеза продовжує залишатися положенням, істинність якого доведена. Підтверджені практикою наслідки із гіпотези підвищують її ймовірність, наближають основний зміст гіпотези до достовірного знання, сприяють її успішному використанню в практичній діяльності людей. Перетворення гіпотези в наукову теорію відбувається тоді, коли вона доводиться не окремими фактами, а цілою сукупністю практичних результатів. Окремі ж факти підтверджують гіпотезу, збільшують її ймовірність, але не доводять її повністю.

В процесі перевірки гіпотези виявляється зв'язок її з науковою теорією. Цей зв'язок пояснюється наявністю об'єктивно-істинного знання в них. Разом з тим між гіпотезами і теоріями є відмінність, що впливає із відносності практики як критерію істини. Теорія на відміну від гіпотези є достовірним знанням. Проте це не виключає наявності гіпотетичних елементів у теорії, які активізують її подальший

розвиток. Практика конкретного періоду може не давати змогу абсолютно доводити або спростовувати всі ідеї, що виникають. Тому гіпотеза повноправно входить у наукову теорію доти, поки подальші кроки науки не доведуть або не спростують її.

Отже, гіпотези виникають в процесі розвитку науки і перетворюються у достовірні положення наукової теорії лише тоді, коли практика підтверджує їх конкретними результатами, добутими на основі цієї системи знань.

3.5 Докази у наукових дослідженнях

Процедури, за допомогою яких встановлюється істинність будь-якого твердження, у логіці прийнято називати *доказами*. Їх використовують як у науці, так і в практичній діяльності людей.

Доказами гіпотез, фактів у досліджуваних об'єктах не можуть бути цитати, запозичені із оприлюднених робіт інших авторів. Вони використовуються для характеристики стану знань з питань, які досліджують. Винятком є праці інших авторів, у яких оприлюднені аксіоматизовані знання, сформовані теорії (таблиця Менделєєва у хімії, закон Бойля Маріота у фізиці та ін.), можуть бути відправними позиціями у дослідженнях за цією тематикою.

У доказах застосовують два способи встановлення істини: безпосередній і опосередкований.

Безпосередній спосіб полягає в тім, що в процесі практичних дій відбувається зіставлення стверджуваного з фактичним становищем об'єкта дослідження. Видами таких практичних дій можуть бути спостереження, експеримент, демонстрація, вимірювання, розрахунок, облік та інші емпіричні процедури.

У практиці досліджень часто істинність твердження про властивості будь-якого об'єкта може бути доведена на

підставі вже наявних знань у вигляді різних законів і положень. У цьому випадку завданням доказу є виявлення співвідношення аналогів. Такий спосіб встановлення істини називають *опосередкованим*.

Сфера застосування опосередкованих доказів у науці досить широка. Це стосується таких наук, як математика, фізика, астрономія, хімія та ін.

Розвиток науки привів до зростання значення опосередкованих методів встановлення істини наукових положень, зокрема доказів. За цих умов постала потреба в удосконаленні доказових процедур з обмеженням критерію інтуїтивності. З кінця ХІХ ст. у логіці формується поняття формального доказу, яке замінює собою інтуїтивний доказ. При цьому одержують суворе формулювання правила доказів, які дають змогу на кожному етапі перевірити їх правдивість. Формальні докази широко застосовуються у сучасній логіці, математиці та економіці. Так, собівартість продукції можна досліджувати за технологічними дільницями, цехами, користуючись формальними доказами у вигляді норм витрат сировини, палива та інших ресурсів, а також даними про фактичне витрачання їх, відображене у бухгалтерському обліку.

Доказ являє собою процес мислення, результатом якого є послідовність тверджень, розміщених у певному логічному порядку. Отже, доказ є логічною процедурою встановлення істинності будь-якого твердження за допомогою інших тверджень, істинність яких вже доведено.

У структурі доказів виділяють такі елементи: теза, аргумент і форма (демонстрація).

Тезою називають твердження, яке підлягає доведенню. У формальних доказах, а також у деяких науках, які використовують дедуктивні методи, твердження, що підлягає доведенню, називають теоремою. Такою тезою в економіці можуть бути шляхи зниження витрат виробництва, резерви

підвищення продуктивності праці, зниження матеріаломісткості продукції та ін.

Аргумент – це положення, яке використовується для доведення цієї тези.

Оскільки аргументи є твердженнями, які визначають істинність тези, їх називають іноді основними доказами. У формальних доказах їх називають.

Аргументами можуть бути: твердження, істинність яких доведено раніше (теореми, закони та інші наукові положення), аксіоми, визначення і твердження, що містять достовірну інформацію про конкретні факти.

Форма доказу (демонстрація) – це спосіб зв'язку аргументів між собою, а також з тезою. Вона показує логічну послідовність переходу від основного аргументу до тези. В дослідженнях формою доказів є таблиці, машино-відеограми, складені ЕОМ за конкретними програмами, графіки, аналітичні розрахунки та інші матеріальні носії інформації, перетвореної відповідно до мети дослідження (тези доказу).

У математичних і економічних дисциплінах широко застосовуються два основних види доказів: прямі і непрямі. **Прямим** називається такий доказ, коли із прийнятих передумов за встановленими правилами безпосередньо виникає теза, яка потребує доведення. Інакше кажучи, у ланцюжку висновків, що являють собою прямий доказ, останньою ланкою буде теза, яку доводять. Наприклад, твердження, що для фабрики виготовлення костюмів чоловічих з дорогих шерстяних тканин вигідніше, ніж з дешевих бавовняних, ґрунтується на послідовності таких міркувань. Трудові затрати на пошиття костюмів однакові, але за даними економічного аналізу рентабельність костюмів з дорогих шерстяних тканин значно вища. Крім того, вони користуються великим попитом, тому не залежуються на складі готової продукції фабрики.

Трапляються випадки, коли прямий доказ за інших умов неможливий. Тоді вдаються до *непрямих* доказів, що

називаються іноді «доказами від протилежного». При цьому безпосередньо доводиться не теза, а її відхилення – анти-теза, причому доказ встановлює хибність останньої. Потім на підставі закону виключення третього роблять висновок про істинність тези. Таким чином, твердження, яке доводять, протягом всього доведення залишається наче осторонь, використовується лише на заключній стадії. Отже, **непрямий доказ** – це такий вид міркування, за яким доводиться хибність відхилення тези і на цій підставі роблять висновок про істинність її.

Неупереджені логічні помилки, припущені у доказі, у міркуваннях взагалі непередбачливо називають *паралогізмами* (грец. *paralotos* – неправильне міркування), а навмисні неправильні міркування – *софізмами* (грец. *sophisma* – хитрість, вигадка).

Мета застосування софізму – видати неправду за істину, надавши логічно неспроможному міркуванню видимість логічної правильності. Наприклад, науковий доказ апологетів соціалізму про перевагу тоталітарної економіки, що ґрунтується на державній формі власності, над ринковою з різними формами власності, на практиці виявився утопічним.

Парадокси (грец. *para* – проти, *doxa* – думка) – міркування, у якому однаковою мірою доводяться істинність будь-якого твердження та його відхилення. Причиною парадоксу є те, що у теоріях, які містять парадокси, недостатньо з'ясовано фундаментальні поняття, у тому числі і логічні.

Велике значення у наукових дослідженнях мають **спростування**. Як і докази, спростування мають тезу, аргументи і форму (демонстрацію):

теза – це положення, яке треба спростувати;

аргументи – твердження, за допомогою яких спростується теза, доводиться її хибність;

форма – це спосіб логічного зв'язку аргументів і тези.

Спростування тези може бути доведено тим, що, по-перше, буде доведена істинність антитези, а, по-друге, встановлена хибність наслідків, що випливають із тези.

Спростування є важливим засобом розвитку наукового пізнання. За їх допомогою наука вивільнюється від хибних тверджень, помилок і необґрунтованих догм, а також удосконалює свій теоретичний апарат.

Спростування демонстрації доказу тези полягає у тому, що показує відсутність логічного зв'язку між тезою і його аргументом. Оскільки це може бути порушенням правил висновків, за якими будується доказ цієї тези, то для спростування необхідно вказати на вид помилки. Для того щоб докази і спростування приводили до бажаного результату, необхідно дотримуватися правил і умов їх проведення.

Правила і умови, які стосуються тези, полягають насамперед у тому, що теза повинна бути точно і чітко сформульованою. Тому в наукових дослідженнях перш ніж приступити до доказу будь-якого наукового положення, проводять дослідження з уточнення їх змісту і внутрішнього логічного зв'язку та аналізу понять, які входять до складу цього положення.

Теза протягом всього доведення або спростування має залишатися незмінною. Ця умова ґрунтується на дотриманні закону тотожності; ігнорування його призводить до того, що теза залишається недоведеною, оскільки при доведенні відбувається підміна тези і доказу або спрощується не та теза, яка необхідна. Помилку, зумовлену недодержанням цієї умови, виражає принцип «Хто занадто багато доводить, той нічого не доводить». Наприклад, намагаючись довести тезу «Мова не тотожна мисленню», починають доводити як рівнозначне таке твердження: «Мова не пов'язана з мисленням». Останнє твердження більш категоричне і до того ж хибне, тоді як дійсна теза – істинне твердження.

Правила і умови, які стосуються аргументів, полягають

у тому, що аргументи у всякому доказі мають бути істинними твердженнями. Недодержання цього правила призводить до помилок. Істинність аргументу має бути доведеною незалежно від тези.

Аргументи повинні бути достатніми підставами для доказу тези. Порухення цього правила призводить до того, що при доведенні намагаються встановити логічний зв'язок між різними за змістом твердженнями. Правила і умови, які стосуються демонстрації, – це всі правила і помилки, пов'язані з порушенням тих висновків, які використані при побудові доказу.

3.6 Об'єкти наукового дослідження та їх класифікація

В методології наукових досліджень розрізняють поняття «об'єкт» і «предмет» пізнання. *Об'єктом пізнання* прийнято називати те, на що спрямована пізнавальна діяльність дослідника, а *предметом пізнання* – досліджувані з певною метою властивості, ставлення до об'єкта. Наприклад, усі суспільні науки в принципі пізнають один об'єкт – суспільство, але мають різні предмети; політична економія – систему виробничих відносин, економічна статистика – кількісну сторону економічних явищ; бухгалтерський облік, аналіз і аудит – господарську діяльність підприємців та ін.

Об'єктом наукового дослідження є навколишній матеріальний світ та форми його відображення у свідомості людей, які існують незалежно від нашої свідомості, відбираються відповідно до мети дослідження. Досліджувати можна не тільки емпіричний об'єкт (якість продукції, собівартість виробів), а й теоретичний (дія закону вартості).

Емпіричні об'єкти при дослідженні поділяють на натуральні, або фізичні, які існують у природі об'єктивно, незалежно від нашої волі і свідомості, та штучні, включаючи технічні, що створюються за волею людей.

Залежно від ступеня складності є прості і складні об'єкти дослідження; відмінність між ними визначається числом елементів та видом зв'язку між ними. *Прості* об'єкти складаються із кількох елементів.

До *складних* відносять об'єкти з невизначеною структурою, яку необхідно дослідити, а потім описати. Ці об'єкти досліджують за методом «чорної скриньки», який полягає у пошуку взаємозв'язку між подібними вхідними діями та реакцією об'єкта на них.

Для вибору і вивчення головного фактору, який впливає на досліджуваний об'єкт та сукупність інших однотипних об'єктів, визначають їх подібність, що відповідає меті дослідження. За результатами попереднього вивчення цієї сукупності відшуковують об'єкт дослідження, який включає в себе всі основні істотні властивості багатьох реальних об'єктів. Правильний відбір об'єкта вивчення із навколишнього матеріального світу відповідно до мети дослідження сприяє обґрунтованості результатів дослідження.

Кожний об'єкт дослідження оточує середовище, з яким він взаємодіє. Тому завдання дослідника полягає у визначенні факторів, які впливають на об'єкт дослідження, відборі і зосередженні зусиль на найсуттєвіших факторах. Критеріями відбору суттєвих факторів є мета дослідження та рівень накопичених знань у цьому напрямі. Якщо рівень знань про вплив факторів на поведінку об'єкта досліджень недостатній, то це може бути підставою для віднесення цих факторів до групи суттєвих. Наприклад, досліджуючи фактори, які впливають на формування надійності техніки, виділяють в основному виробничі та економічні фактори, ігноруючи при цьому соціальні фактори як несуттєві. Рівень знань про ці фактори явно недостатній. Тому в умовах ринкових відносин їх не слід відкидати, а вивчати у взаємозв'язку з іншими факторами.

Відбір суттєвих факторів на об'єкт дослідження має ве-

лике практичне значення, оскільки впливає на ступінь достовірності результатів дослідження. Якщо будь-який суттєвий фактор не враховано, то висновки, добуті в результаті дослідження, можуть бути помилковими, неповними або зовсім хибними.

Виявлення суттєвих факторів спрощується, якщо дослідження ґрунтується на добре опрацьованій теорії. Якщо теорія не дає відповіді на поставлені запитання, то використовують гіпотези, економісті ідеї, сформовані на етапі попереднього вивчення об'єкта дослідження.

Отже, чим повніше враховано вплив середовища на об'єкт дослідження, тим точнішими будуть результати наукового дослідження. Під *середовищем* розуміють все те, що оточує об'єкт дослідження або його елементи, і вплив на них. Розрізняють матеріальні, енергетичні та інформаційні фактори впливу.

Технологічні процеси досліджують за допомогою експериментально-статистичних методів, де об'єкт дослідження представлено як «чорна скринька». Кількісна характеристика мети дослідження обумовлена відбиранням таких показників технологічного процесу:

- *економічних* – ефективність, собівартість продукції, рентабельність;
- *техніко-економічних* – продуктивність праці, надійність роботи устаткування;
- *технологічних* – точність, якість продукції, надійність і прогресивність технології.

Вибравши об'єкт дослідження, його предмет і фактори, які впливають на причинно-наслідкові результати стану об'єкта, визначають його *параметри*, тобто повноту вивчення об'єкта відповідно до мети дослідження. Від достовірності визначення параметра дослідження і класифікації об'єктів значною мірою залежать результати виконаного дослідження.

В основу класифікації об'єктів дослідження покладені

принципи логіки, які передбачають групування їх за певною методикою. Мета класифікації полягає у розкритті всієї сукупності понять про об'єкт. Тому основою для поділу має бути не довільно взята, а суттєва ознака об'єктів, які класифікують.

Отже, класифікація – це поділ різних явищ, предметів на групи за певними ознаками, з метою їх вивчення та наукового узагальнення.

Найбільш поширеними є два методи класифікації об'єктів дослідження.

Класифікація об'єктів за наявністю і відсутністю ознак полягає в тім, що більшість об'єктів поділяють на два класи. Один із них має певну властивість, а другий не має її. У свою чергу, другий клас може бути поділений ще на два менших класи, з яких знову-таки один має деяку властивість» а інший не має її.

Класифікація об'єктів за видозміною ознак полягає у тому, що члени поділу являють собою такі сукупності предметів, в кожній із яких загальна для всіх сукупностей ознака виявляється по особливому, з тими або іншими варіаціями.

Для кращого пізнання об'єктів, які вивчаються при будь-якій класифікації, необхідно з самого початку вибрати основу поділу. Наприклад, виробничі витрати розподіляють за функціональною роллю в процесі виробництва (сировина і матеріали, заробітна плата виробничих робітників тощо). Тут спільна для всіх сукупностей ознака (витрати) проявляється по-різному. Одна із них являє собою матеріалізовану працю, друга – трудові, технологічні витрати цього підприємства.

Логічно складена класифікація повинна відповідати таким вимогам:

- бути розмірною, тобто не дуже вузькою і не широкою; виконуватися за однією основою, яка має бути не довільним поняттям, а стосуватися суті поділу цілого;

- виключати несумісність понять (наприклад, показники роботи підприємства погані, але воно у числі передових).

Для будь-якої класифікації об'єктів обов'язковими є формально-логічні і діалектичні принципи класифікації. Прикладом формально-логічної класифікації може бути поділ витрат на виробничі та невиробничі. Тут класифікація здійснюється лише за однією підставою.

При класифікації об'єктів наукових досліджень виходять із того, що наука, пояснюючи характер тих або інших процесів дійсності, ґрунтується на певних методах дослідження їх. Спираючись на метод, вчений отримує відповідь на те, з чого потрібно починати дослідження, яким чином групувати об'єкти і давати оцінку фактам, що вивчаються в процесі дослідження.

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Технологія наукових досліджень

Дослідницька діяльність – це такий вид діяльності людини, що складно передбачити або прогнозувати. Існують певні правила, котрих доцільно дотримуватись в процесі досліджень, зокрема:

- поступове входження в роботу;
- ритмічність і рівномірність праці;
- планування роботи.

Наукова діяльність має творчий характер, тому характеризується імпульсивністю, імпровізацією, потребує відповідного настрою. Успіх забезпечує насамперед систематична, ритмічна, ретельно спланована щоденна робота. Перед тим, як приступити до неї, необхідно її обміркувати, відокремити найважливіші, термінові справи на поточний день. Слід також дотримуватись планів, які складаються на день, тиждень, місяць тощо. Їх доцільно розробляти за участю наукового керівника.

У *плануванні роботи* необхідно враховувати, що найсприятливіший час для виконання складних і творчих завдань – від 10 до 12 години, після цього настає деякий спад активності, яка поновлюється з 14 до 17 години, а потім починає різко спадати. Слід пам'ятати, що недоцільно працювати кілька годин, а потім робити тривалий відпочинок; краще чергувати роботу протягом 45 хвилин з перервою 15 хвилин, працювати за комп'ютером не більше 4-х годин на день. Робота впродовж тижня також повинна мати певний ритм. Понеділок є днем «входження» у роботу, тому в цей день не варто починати важливі і складні справи, а робити це слід у вівторок і середу. До п'ятниці накопичується втома, тому в суботу та неділю краще відпочивати.

Для раціональної організації праці досліднику треба мати робочий блокнот, в якому фіксувати ті справи, котрі він планує зробити протягом дня. Можна використовувати спеціальні папки-гармошки, сторінки яких присвячені одному дню або тижню і в які вкладаються документи, записки нагадування, доручення наукового керівника тощо.

Кожний дослідник повинен, враховуючи свої індивідуальні особливості, розробити власні прийоми «входження» в роботу, встановити її ритм і тривалість.

Важливе значення для забезпечення високого рівня працездатності має належна *організація робочого місця*. Воно повинно правильно освітлюватися (згори і зліва), утримуватись у робочому порядку. Комп'ютер слід розташовувати таким чином, щоби ним було зручно користуватись. На робочому місці доцільно тримати лише документи і матеріали, необхідні в певний момент, усі інші – розташовувати в заведеному порядку в шафах, картотеках. Дотримання звичного встановленого порядку на робочому місці полегшує працю, робить її раціональнішою, економить час на пошуки необхідних матеріалів, запобігає їх «зникненню».

У сучасних умовах одним з основних технічних засобів, якими користується дослідник, є персональний комп'ютер (ПК). Для документування переважно використовується Microsoft Word – потужний текстовий редактор, що призначений для виконання процесів створення й обробки текстів: від набору і верстки до перевірки орфографії, вставки у текст графіки, роздрукування. Він має апарат, який дає змогу швидко та якісно створювати і зберігати документи. Бажано, щоб ПК був підключений до всесвітньої мережі Internet, що створює додаткові можливості для пошуку інформації за темою дослідження.

В процесі наукового пошуку дослідник здійснює ділове спілкування, яке може мати інформаційний або дискусійний характер, тому він повинен бути компетентним, тактовним,

володіти прийомами безпосередніх та опосередкованих контактів, прагнути оперативно й ефективно вирішити чи обговорити питання. Попередня підготовка передбачає визначення мети, теми, терміну, основних запитань, даних тощо. Важливе значення має також *техніка спілкування*, тобто ті правила і прийоми, які використовуються для ділових контактів, зокрема:

- визначеність, тобто чітке обмеження предмета спілкування (обговорення), його мети, формулювання питань, можливих варіантів вирішення;
- обґрунтованість, тобто максимальна аргументованість своєї точки зору, визначення системи доказів, логічність викладення власної позиції;
- послідовність у відстоюванні власної точки зору, поглядів, думок, несуперечність тверджень, доказів, готовність до зміни своєї позиції лише за наявності вагомих аргументів опонента.

При веденні діалогу слід уважно вислуховувати співрозмовника, ставитися до нього неупереджено, делікатно, з повагою. Основні моменти такого спілкування доцільно занотувати, щоб пізніше проаналізувати точку зору співрозмовника, його аргументи.

В процесі наукового пошуку в дослідника накопичуються різні за змістом і формою матеріали (рукописи, ксерокопії, конспекти, вирізки, картотеки, диски тощо), які по суті є персональним архівом. Крім цього, дослідник має книги, періодичні видання, інструкції та інші публікації, що створюють особисту бібліотеку.

Ведення власного архіву для дослідника є дуже важливим. Матеріали необхідно систематизувати за тематикою, формою, характером і зберігати в окремих папках, диски – в окремих коробках. Бажано вести картотеку матеріалів, в якій чітко вказувати їхній зміст і місце знаходження.

Особиста бібліотека також повинна впорядковуватись і систематизуватись за видами видань (довідники, енциклопедії, словники, монографії, підручники); коли ж літератури багато – за її тематикою. Щодо періодичних видань, то доцільно окремо зберігати останні номери і видання минулих років. Потрібні для роботи статті чи інші матеріали варто копіювати і зберігати окремо у вигляді підшивок за окремими напрямками дослідження або темами.

Наукова робота вимагає значних витрат енергії, вона виснажлива і може супроводжуватись перевтомою. Тому головне завдання «гігієни розумової праці» – підтримувати високу працездатність, що досягається шляхом періодичної зміни занять.

Засобом відтворення працездатності може бути відпочинок, пов'язаний із захопленням спортом, літературою, музикою, мистецтвом, шахами, прогулянками на природі.

Інколи в процесі роботи наступає депресія. Це дуже небезпечний стан при якому робота втрачає для виконавця будь-який сенс. Йому здається, що з дослідження нічого не вийде, він втрачає віру в її успіх. Якщо не проходить депресія, це може призвести до повного припинення наукової роботи в цілому, краху життєвих планів. Причинами депресії як правило є перевтома, коли робота не дає бажаного результату, не приносить задоволення впродовж тривалого часу.

Перерва у роботі дає результат лише у тому випадку, коли депресія є результатом перевтоми. Якщо причина депресії полягає у відсутності успіху в роботі, слід звузити поле дослідження, звернутися до невеликого конкретного питання та успішно його вирішити. Дуже важливо при цьому отримати схвалення від керівника роботи, колег, знайомих спеціалістів.

Працездатність – важливий фактор успіху. Налаштуватись на високу працездатність і творчу активність – важливе завдання кожного вченого, для чого необхідно виховувати навички систематичної роботи.

Технологія наукового дослідження – це спосіб досягнення його мети за умов фіксованого поділу функцій між технічними засобами і природними інформаційними органами людини, що відповідають можливостям перших та останніх, а також встановленій логіці дослідження.

Логіка наукового дослідження являє собою сукупність таких складових, як пізнавальні завдання, структура інформації (перелік її видів та їх взаємозв'язків), необхідної для одержання рішення, засоби збирання й підготовки цієї інформації, процедури постановки завдань, пошуки їх вирішення та отримання результатів. Логіка розробляється в методології наукового дослідження, а її опис є кінцевим результатом останнього. Вона виступає як одна з передумов розробки технології відповідного дослідження.

Технологія наукового дослідження визначає його логіку відповідно до реальних можливостей застосування технічних засобів і наукового персоналу. Якщо за встановленої логіки повністю використовуються зазначені можливості, а останні забезпечують проведення досліджень з такою логікою, то технологія є *адекватною*. Невиконання хоча б однієї із цих умов означає, що технологія є *не адекватною*. Лише адекватна технологія здатна уможливити досягнення сукупності цілей наукового дослідження.

Створення адекватних технологій наукових досліджень є складовою сучасного технологічного розвитку суспільства, що істотно пов'язано із загальними філософськими уявленнями про зміст, значення і тенденції такого розвитку. Але безпосередній зв'язок полягає у забезпеченні ефективних шляхів розвитку наукового пізнання, а тому вивчення його механізмів відноситься до методології науки.

Розробка технології наукових досліджень є різновидом міждисциплінарних досліджень, і при її проведенні використовується апарат деяких наук, предметом вивчення яких є пізнавальні процеси.

Як вихідні дані у розробці технології наукового дослідження виступає опис логіки дослідження. Першою операцією тут є *формалізація*.

При її проведенні використовуються результати (поняття) сучасної формальної логіки. За їх допомогою вирішуються завдання формалізації.

Формалізовані знання й процедури в реальному науковому дослідженні функціонують разом з інтуїтивними (неформалізованими) знаннями та процедурами. Тому необхідно в явному вигляді встановити й описати зв'язки останніх з результатами формалізації.

На основі гібридних процедур можливим є поділ функцій між природними інформаційними органами і технічними засобами. Для виконання пізнавальних процесів при встановленому поділі функцій необхідно визначити, які семіотичні засоби слід використовувати. Тому результати попередньої операції інтерпретуються в описах обраних семіотичних систем.

Використання різнорідних семіотичних засобів зумовлює велику складність процесів наукового дослідження. Але вони мають виконуватися за єдиною програмою. Вона створюється на базі вияву інформаційної структури процесів, що розглядаються. Це досягається за допомогою операції аналізу інформаційної структури. В результаті наукове дослідження з його встановленою логікою являє собою певну інформаційну систему.

Розробка технології наукових досліджень є різновидом міждисциплінарних досліджень, і при її проведенні використовується апарат деяких наук, предметом вивчення яких є пізнавальні процеси. Як вихідні дані у розробці технології наукового дослідження виступає опис логіки дослідження. Першою операцією тут є формалізація.

Формалізовані знання й процедури в науковому дослідженні функціонують разом з інтуїтивними (неформалізованими) знаннями та процедурами. Тому необхідно встановити й описати зв'язки останніх з результатами формалізації.

Технологія наукового дослідження передбачає здійснення таких технологічних циклів:

- формулювання теми наукового дослідження та розробка робочої гіпотези;
- визначення мети, завдань, об'єкта й предмета дослідження;
- виконання теоретичних та прикладних наукових досліджень;
- оформлення звіту про виконану науково-дослідну роботу.

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

Весь процес наукового дослідження, у т.ч. й підготовку магістерської роботи як самостійної науково-дослідницької кваліфікаційної роботи, необхідно поділити на етапи:

1. Обґрунтування наукової проблеми, формулювання теми дослідження.
2. Постановка мети і конкретних завдань дослідження.
3. Визначення об'єкта і предмета дослідження.
4. Накопичення необхідної наукової інформації, пошук літературних та інших джерел відповідно до теми і завдань дослідження, їх вивчення й аналіз.
5. Відпрацювання гіпотез і теоретичних передумов дослідження.
6. Вибір системи методів проведення дослідження.
7. Обробка, аналіз, опис процесу та результатів дослідження, що проводилося згідно з розробленою програмою і методикою.

8. Обговорення результатів дослідження.

9. Формулювання висновків та оцінка одержаних результатів, їх публічний захист.

Проведення дослідження започатковується розробкою програми.

Обґрунтування наукової проблеми, вибір та формулювання теми дослідження – це початковий етап будь-якого дослідження. Стосовно магістерської роботи важливими є її актуальність і практична спрямованість. Оскільки магістерська робота є науково-дослідницькою кваліфікаційною працею, те, як автор вміє обрати тему і наскільки правильно він її розуміє й оцінює з точки зору своєчасності та соціальної значущості, характеризує його професійну підготовленість. При виборі теми основними критеріями мають бути її актуальність, новизна і перспективність. Формулюючи актуальність теми, слід вказати, до якої сфери діяльності або галузі знань вона належить, чим обумовлено її вибір, а також для чого і де в практиці необхідне запропоноване дослідження.

Потрібно кількома реченнями висвітлити головне: суть проблеми, з якої випливає актуальність теми. Проблема в науці – це суперечлива ситуація, котра вимагає свого вирішення. Правильна постановка та ясне формулювання нових проблем іноді має не менш важливе значення, ніж їх вирішення. По суті вибір проблеми якщо не повністю, то здебільшого визначає як стратегію дослідження, так і напрямок наукового пошуку. Не випадково вважається, що сформулювати наукову проблему – означає показати вміння відокремити головне від другорядного, виявити те, що вже відомо науці з предмета дослідження.

Програма дослідження – це документ, який регламентує всі етапи, стадії підготовки, організації та проведення конкретного дослідження. Програма дослідження містить теоретичні обґрунтування методологічних підходів і методичних прийомів вивчення певного явища або процесу.

Програма визначає проблему, мету, завдання дослідження, методи їх вирішення, а також основні шляхи і форми впровадження в практику очікуваних результатів. Вона виконує роль стрижневого кореня дослідження, зумовлюючи його змістовно-сміслову цінність, якість та надійність отриманої інформації.

Серед основних **вимог до формування програми** визначають такі (рис. 4.1):

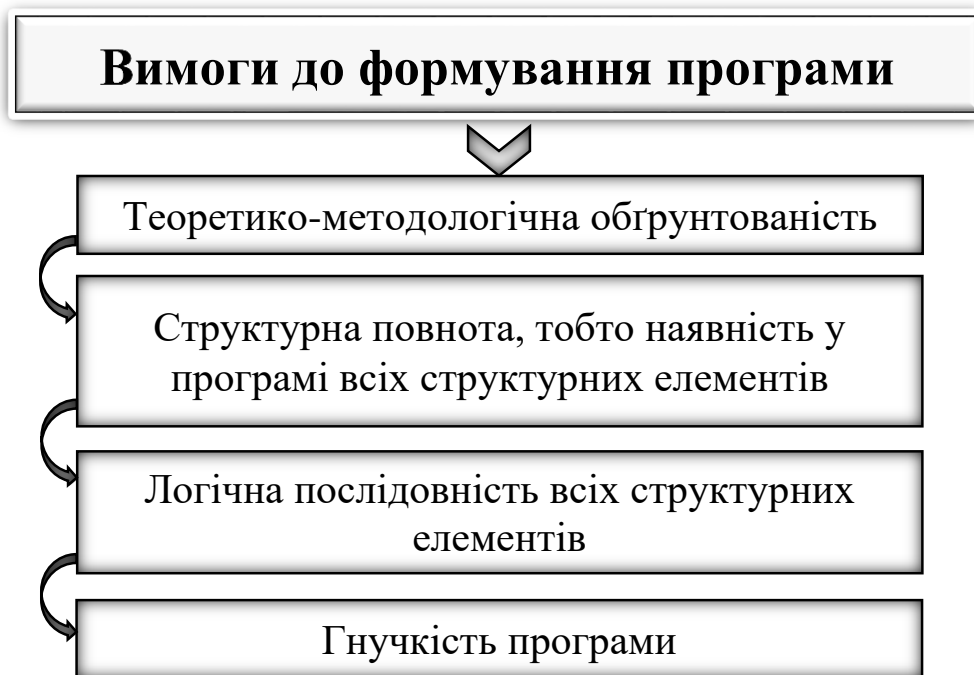


Рис. 4.1. Вимоги до формування програми дослідження

Програма дослідження виконує три **основні функції**:

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

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

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

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

Методологічний розділ включає:

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

Методико-процедурний розділ містить:

- Методику дослідження (методи збирання, обробки та аналізу даних);
- Формування вибіркової сукупності (тип вибірки, структура вибіркової сукупності, обсяг вибірки);
- Інструментарій для збору інформації.

Рівень достовірності основних результатів наукового дослідження значно підвищується, якщо вони базуються на експериментальних даних. Тому програма повинна включати **розділ експериментальних досліджень**. Завершується експеримент переходом від емпіричного вивчення до обробки отриманих даних, логічних узагальнень, аналізу і теоретичної інтерпретації отриманого фактичного матеріалу.

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

Для оптимізації роботи, щоб при найменших затратах отримати найкращі результати, необхідне планування наукового дослідження.

Робочий план становить основу, визначає загальну спрямованість дослідження та послідовність його проведення. Структура плану визначається обсягом і складністю дослідження. План може складатись з остаточно сформульованих пунктів, які повністю відображають їх змістовне наповнення, або тез, що в основних рисах характеризують положення дослідження.

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

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

Послідовність та етапи виконання наукових досліджень

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

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

Власне виконання наукових досліджень полягає в розв'язанні поставлених на початку завдань. Найчастіше у

фундаментальних і прикладних дослідженнях використовуються математичне або фізичне моделювання, а також поєднання цих методів.

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

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

Експерименти можуть здійснюватися за класичною схемою (коли послідовно перебираються вибрані фактори) або з використанням математичної теорії планування експерименту. Після виконання програми досліджень проводиться перевірка правильності одержаних результатів, оброблення одержаних даних і отримання відповідних рівнянь та оцінюється помилка розрахунку за ними. Під час фізич-

ного моделювання широко використовується ЕОМ – для керування експериментом і обробки його результатів.

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

Етапи виконання науково-дослідних робіт

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

- формулювання теми (ознайомлення з проблемою, складання техніко-економічного обґрунтування, попереднє визначення очікуваного економічного ефекту від впровадження);
- формулювання мети і завдань дослідження (літературний огляд, зіставлення і критика проблемної інформації, узагальнення і висвітлення стану питання за темою);
- теоретичні дослідження (вивчення фізичної суті явища, формулювання гіпотези, вивід математичних залежностей та їх теоретичний аналіз);
- експериментальні дослідження (розробка мети і завдань експерименту, планування, засоби вимірювання, дослідна установка, проведення експериментів, опрацювання результатів);
- аналіз і оформлення результатів наукових досліджень (загальний аналіз теоретичних і експериментальних досліджень, зіставлення їх результатів, аналіз розходжень, уточнення теорії, у разі потреби, проведення додаткових експериментальних досліджень);
- упровадження і визначення економічного ефекту (розрахунок річного економічного ефекту, передача для впровадження у виробництво, авторський нагляд за впровадженням або розроблення технічного завдання на дослідно-конструкторську роботу).

Етапи дослідно-конструкторської розробки:

- формулювання теми, мети і завдань дослідження;
- вивчення літератури, проведення досліджень до технічного проектування експериментального зразка;
- технічне проектування (розробка варіантів технічного проекту, розрахунки, розробка креслень, виготовлення вузлів, узгодження технічного проекту та техніко-економічного обґрунтування);
- робоче проектування (розробка загального вигляду, вузлів, деталей, пояснювальної записки для виготовлення дослідного зразка);
- виготовлення дослідного зразка (проектування технологічного процесу виготовлення, розробка технологічних карт і проекту організації робіт, виготовлення деталей, складання зразка, підключення, доводка, регулювання; стендові й виробничі випробування);
- доопрацювання дослідного зразка;
- державні випробування (передача зразка спеціальній комісії, випробування за методикою і оформлення акту держвипробування).

Наведені етапи робіт відповідають вимогам чинного Держстандарту щодо послідовності виконання і оформлення результатів наукових робіт.

4.3 Напрямок тема та мета наукового дослідження

Перш ніж розпочати наукове дослідження, майбутній науковець має усвідомити такі поняття, як *науковий напрям, проблема і тема дослідження*.

Дослідна робота розпочинається з вибору наукового напрямку, в якому накопичилися важливі проблеми, що потребують свого вирішення. Цей перший крок людина, як правило, робить ще задовго до того, як починає замислюватися про майбутню наукову кар'єру, а саме коли обирає

майбутню спеціальність (історик, політолог, інженер, землевпорядник, еколог тощо).

Науковий напрям – це наука або комплекс наук, у межах яких виконується певна наукова робота. Розрізняють технічні, біологічні, історичні та інші напрями з можливою їх деталізацією.

Структурні одиниці наукового напрямку:

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

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

За напрямом розвитку виробництва:

- створення нових технологічних процесів, машин, апаратів тощо;
- підвищення ефективності виробництва;
- поліпшення виробничих відносин та організації виробництва.

За ступенем важливості:

- найважливіші, що координуються на державному рівні;
- роботи, що виконуються Академією наук;
- роботи, що виконуються галузевими науковими установами.

За науковим рівнем:

- фундаментальні;
- прикладні;
- дослідно-конструкторські розробки.

За джерелом фінансування:

- держбюджетні;
- договірні.

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

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

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

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

Під проблемою ми розуміємо невідповідність між необхідним (бажаним) і фактичним станом справ. Тому будь-яку наукову проблему можна подати як взаємодію двох елементів – знання та незнання. Виходячи з цього, проблемою стає практична або теоретична ситуація, в якій відсутнє рішення щодо відповідних обставин або існуюче рішення

лише частково розв'язує дану проблему.

Проблему можна виявити лише добре орієнтуючись в певній галузі при порівнянні того, що вже відоме, і того, що слід виявити. Сутність проблеми – це протиріччя між встановленими фактами у практиці соціальної роботи та їх теоретичним усвідомленням. Наукова проблема не висувається довільно, вона є результатом глибокого вивчення стану практики і наукової літератури як вітчизняної, так і закордонної, що відображає протиріччя, які накопичилися в конкретній галузі. Джерелом проблеми, як правило, є вузькі місця, конфліктні ситуації, породжені в процесі практичної діяльності. Виникає потреба їх подолання, тому й постають завдання породженні практикою.

У залежності від того, існують чи відсутні методи вирішення проблеми, а також уявлення про те, що саме вважати рішенням проблеми, їх. Поділяють на:

- показові проблеми;
- логічні проблеми;
- риторичні проблеми;
- дослідницькі проблеми.

У показових проблемах (завданнях) відомий метод вирішення та відомо, що вважати рішенням. Такі проблеми застосовуються у навчанні (завдання з математики з відповідями у кінці книжки).

У логічних проблемах (завданнях) також відомий метод, але не відомий результат рішення. Такі проблеми тренують і випрацьовують кмітливість, вміння розмірковувати послідовно і зрозуміло (подібні вправи з логіки).

Риторичні проблеми схожі на питання, відповіді, на які самі собою зрозумілі. Усе зводиться до пошуку методу, завдяки якому може бути отриманий вже відомий у загальних рисах результат (наприклад, головоломка).

Дослідницькі проблеми потребують пошуку того методу, за допомогою якого можна знайти прийняте рішення.

Як бачимо, дослідні проблеми найбільш складні й потребують творчого підходу, адже в них відсутні як методи вирішення, так і саме рішення.

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

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

- 1) знання, що набули загального визнання наукової спільноти та перевірені на практиці;
- 2) питання, які є недостатньо розробленими і вимагають наукового обґрунтування;
- 3) невирішені питання, сформульовані в процесі теоретичного осмислення, запропоновані практикою або ті, що виникли під час вибору теми.

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

Необхідно вивчити історичні аспекти та сучасний стан проблеми, оскільки це є важливим елементом пошуку правильного рішення. Слід також виявити коло питань, які ста-

нуть відправною точкою при визначенні перспектив подальшого вивчення проблеми. Наукова проблема має бути актуальною, науково значимою та вирізнятися новизною.

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

Наступне завдання, яке постає перед дослідником – як слід поставити проблему, щоб вона змогла виконати своє призначення. Адже вірно поставлена проблема – це вже наполовину її вирішення. Виходячи з важливості питання, наведемо логічні правила постановки проблем:

- відділити відоме від невідомого, тобто зафіксувати те протиріччя, яке лягло в основу проблеми, а також спробувати описати результат, який очікується;
- розробити структуру проблеми, іншими словами йдеться про її конкретизацію. Це здійснюється шляхом поділу проблеми на підпитання: без відповіді, на які не можна отримати відповіді та на основне проблемне питання;
- групування та визначення послідовності вирішення підпитань;
- вивчення умов, необхідних для вирішення проблеми (включаючи методи, засоби, прийоми);
- застосування методу аналогії, тобто знаходження серед уже вирішених проблем аналогічній тій, що вирішується;
- обґрунтування актуальності, тобто доведення доцільності постановки та вирішення проблеми.

Пропонується така схема постановки проблеми (рис. 4.2).

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



Рис. 4.2. Схема постановки проблеми

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

Тема – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або кілька питань дослідження. Тема формується на основі загального ознайомлення з проблемою, в межах якої буде проводитись дослідження. У формулюванні теми важливо відобразити об'єкт, предмет і мету (призначення даного дослідження, його адресат). Неправильне формулювання теми веде до довільного тлумачення проблеми і нерідко до стихійного збирання фактів. Типовими помилками дослідників-початківців є формулювання «безпроблемних» тем. Тема повинна розв'язувати нову наукову задачу, тобто таку, яка до цього часу ніколи не розроблялась, або не повторювала вже відомих істин. Задачі є наукові та інженерні.

Наукові задачі – це такі, які знаходять принципову новизну в явищах і процесах і які є ще невирішеними.

Інженерні задачі спрямовані на практичну реалізацію та удосконалення існуючих способів, приладів, методів тощо.

Тема повинна відповідати профілю наукового колективу, який має достатню компетентність, спеціалізацію, традиції, досвід, теоретичний рівень в розв'язанні тих чи інших наукових задач. Науковий напрямок очолює досвідчений керівник – науковець. Наукову проблему вирішує, як правило, колектив під керівництвом доктора наук. Наукову задачу розв'язують кандидати наук. Конкретні задачі або питання розв'язують виконавці, в тому числі наукові працівники, інженерний склад і студенти.

Процес формування теми дослідження включає такі етапи (рис. 4.3)

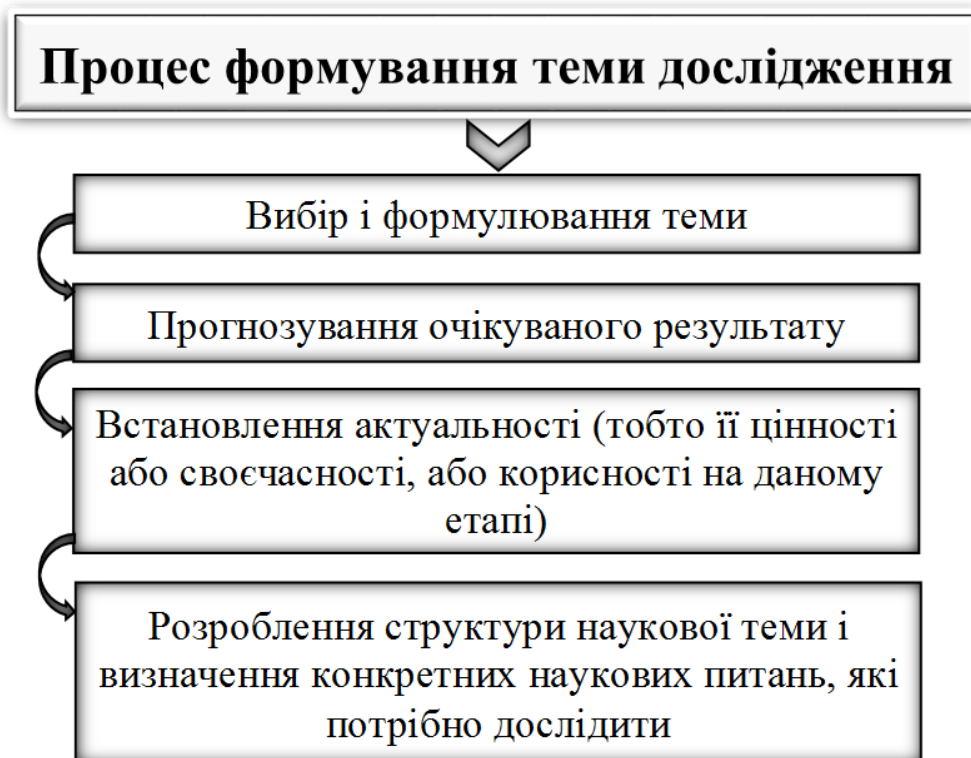


Рис. 4.3. Процес формування теми дослідження

Під науковим питанням розуміють конкретні наукові задачі, що відносяться до вузької області наукових досліджень.

Тему дослідження обирають з урахуванням умов, наведених нижче.

Актуальність. Дослідницька робота повинна бути актуальною, тобто скерованою на розв'язання конкретних і корисних завдань, які є важливими у даному напрямі науки.

Визначення актуальності теми базується на вивченні спеціальної періодичної літератури та виробництва, участі у виставках, конференціях тощо.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Мета конкретизується та розвивається у завданнях дослідження. **Завдання** повинні розглядатись як основні етапи наукового дослідження. Завдання підпорядковуються основній меті і спрямовані на послідовне її досягнення. Вони не можуть формулюватись як «вивчення», «ознайомлення»,

«дослідження» тощо, оскільки таким чином вказують не на результат наукової розробки, а на окремі технологічні процеси. Завдання дослідження визначають для того, щоб більш конкретно реалізувати його мету.

Завдання наукового дослідження, як правило, полягають у:

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

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

- виявленні шляхів та засобів удосконалення явища, процесу, що досліджується (практичні аспекти роботи); обґрунтуванні системи заходів, необхідних для вирішення прикладних завдань;

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

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

Види типових завдань

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

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

Завдання з ідентифікації (опису) – математичний

опис причинних зв'язків між вхідними, змінними і вихідними характеристиками різноманітних процесів.

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Наукова інформація: пошук, накопичення та опрацювання

Для успішного виконання наукової роботи потрібно здійснювати пошук необхідної інформації. *Інформаційний пошук* – це вияв, відбір та аналіз книг, статей та інших матеріалів за певними ознаками. З будь-якої науки, галузі знання чи проблеми у світі випускається незліченна кількість видань, інформація в яких часто дублюється. Завдання

полягає в тім, щоб у цьому потоці виявити оригінальну найбільш цінну, актуальну на даний момент інформацію, яка подається у книзі, статті, будь-якому іншому джерелі в компактному вигляді, носить узагальнюючий характер, тобто містить максимум необхідних відомостей, має високий ступінь повноти. Значення та роль інформації полягають у тому, що без оперативної, повної та якісної інформації не може бути проведене будь-яке наукове дослідження. Важливість для дослідника максимально швидкого й повного ознайомлення з джерелами необхідної інформації зумовлено її старінням унаслідок появи нових матеріалів або зниження потреби в ній. Інформація для розробників наукової проблеми під час наукових досліджень водночас є і предметом, і результатом праці. Адже вони осмислюють і переробляють цю інформацію, а як результат наукової праці виникає специфічний продукт – якісно нова інформація.

У період навчання в університеті кожен студент за допомогою викладача формує індивідуальну систему пошуку, яка включає різні способи й прийоми. Така система визначається культурою читання, також рівнем загальноосвітньої та професійної підготовки студента. Відпрацьована система пошуку дозволяє з найменшими витратами сил і часу стежити за надходженням нової літератури, швидко й раціонально відбирати книги, статті та інші матеріали з конкретної теми, оперативно й повно вилучати з них необхідні відомості.

Потреба в інформаційному пошуку виникає у студента при:

- вивченні теми лекції, підготовці до семінарського заняття, контрольної роботи, до заліків та іспитів;
- написанні рефератів, курсових, наукових, кваліфікаційних робіт, при підготовці доповіді для читання на науковій конференції чи на засіданні наукового гуртка.

Усі ці форми навчання стимулюють студента до пошуку та самостійного поглибленого вивчення проблеми.

Наукова діяльність студента, як правило, значною мірою базується на аналізі літературних документальних джерел. Будь-яка бібліотека, її книжковий фонд, читальна зала, що мають статті для нього є справжньою науково-дослідною лабораторією.

Наукова діяльність студента визначається переважно освітнім процесом, тобто переліком дисциплін навчального плану та їхнім змістом, викладеним у навчальних програмах. Саме тут окреслено коло тем і проблем, які мають стати предметом постійної уваги студента, зумовлюють потребу в інформації для закріплення й розширення знань.

Пошук інформації для навчальної та наукової діяльності проходить такі два етапи:

перший етап – визначення теми пошуку і складання списку літератури для її вивчення;

другий етап – пошук самих джерел для безпосереднього їх читання (перегляду) і вилучення потрібної інформації.

Такий пошук називають *повним*. Проте часто при підготовці до семінарського заняття, заліку чи іспиту студент здійснює так званий *частковий пошук* за вже готовим списком літератури, які наведено у підручниках, методичних та навчальних посібниках і програмах, які складають викладачі спеціальних і загальнонаукових кафедр.

Щоб інформаційний пошук був ефективним, слід насамперед чітко визначити тему, за якою добирається література, а також хронологічні, мовні, географічні межі, за якими вестиметься пошук інформації.

Хронологічні межі передбачають чітке уявлення про те, джерела яких років видання необхідні (це хронологічна глибина пошуку). Мовні межі виникають при пошуку літератури іноземними мовами (книги невідомою студенту мовою виявляться недоступними, і в такому разі говорять про мовний бар'єр пошуку). Географічні межі визначаються за місцем, в якому видано чи якому присвячено книгу.

Усі існуючі джерела поділяються за змістом і характером подання інформації на дві групи:

- *документальні*, які дають інформацію за суттю теми (питання): монографії, підручники, навчальні посібники, наукові журнали, довідкові видання тощо;

- *бібліографічні* покажчики, списки, огляди монографій, підручників, наукових статей та інших документальних джерел.

Інформацію за суттю теми – *первинну інформацію* – складають факти, ідеї, концепції, проблеми в різних поєднаннях і формах викладу. Вони знаходять відображення в науковій, навчальній, довідковій літературі, що випускається у вигляді книг, брошур, журналів, бюлетенів, газет тощо. Разом з тим, існує така інформація, яку іноді неможливо знайти у книгах чи журналах. Вона міститься у так званих спеціальних видах літератури: стандартах, описах винаходів і патентів тощо.

До джерел *вторинної інформації* відносять бібліографічні джерела – покажчики, списки, огляди літератури, бібліотечні каталоги. Бібліографічні джерела не дають безпосередньої інформації щодо суті питання, теми, але вказують документальне джерело, де ця інформація міститься.

Цілеспрямовано підібрані фонди документальних і бібліографічних джерел мають бібліотеки, служби наукової інформації, архіви, музеї.

Для пошуку інформації можна використовувати такі загально-державні бібліотеки:

Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського (03039, Київ, проспект 40-річчя Жовтня, 3. Електронна адреса сайту бібліотеки: [http:// www.nbuv.gov.ua/](http://www.nbuv.gov.ua/).

Обсяг фондів – близько 15 млн одиниць зберігання. Це унікальне зібрання джерел інформації, що включає книги, журнали, продовжувані видання, карти, ноти, образотворчі матеріали, рукописи, стародруки, газети, документи на нетрадиційних носіях інформації. Бібліотека має найповніше

в державі зібрання пам'яток слов'янської писемності та рукописних книг, архіви та книжкові колекції видатних діячів української й світової науки та культури. Складові фондів – бібліотечно-архівна колекція «Фонд Президентів України», архівний примірник творів друку України з 1917 р., архівний фонд Національної академії наук України. Щорічно до фондів надходять 160–180 тис. документів (книг, журналів, газет тощо). Бібліотека комплектується всіма українськими виданнями, отримує примірник дисертацій, які захищаються на території України, веде міжнародний книгообмін з понад 1500 науковими закладами і бібліотеками 80 країн світу. До бібліотеки як депозитарію документів і матеріалів ООН в Україні надсилаються публікації цієї організації та її спеціалізованих установ. З 1998 р. здійснюється цілеспрямоване комплектування електронними документами.

Пошуковий апарат Бібліотеки має в своєму складі систему бібліотечних каталогів та картотек і фонд довідково-бібліографічних видань обсягом 200 тисяч примірників. Цей фонд включає документи нормативного характеру (закони, укази, постанови тощо), енциклопедії, тлумачні словники, довідники, бібліографічні посібники. Систему бібліотечних каталогів і картотек утворюють генеральний алфавітний каталог, читацькі алфавітний і систематичний каталоги та понад 30 каталогів і картотек підрозділів бібліотеки. З 1994 р. наповнюється електронний каталог, з 1998 – загальнодержавна реферативна база даних «Україніка наукова».

У локальних інформаційних мережах Бібліотеки знаходиться 450 комп'ютерів; на Інтернет-порталі – 3,5 млн бібліографічних і 260 тис. реферативних записів, а також 55 тис. повних текстів документів; у Інтернет-середовищі – 700 тис. публікацій. Пошук у електронних ресурсах здійснюється програмним модулем WWW-ISIS (ЮНЕСКО).

Інформаційне обслуговування читачів здійснюється в 16 галузевих та спеціалізованих залах основного бібліотеч-

ного комплексу, а також у 6 залах філії, де розміщено найбільше в Україні зібрання газет, фонди рукописів, стародруків і рідкісних видань, естампів і репродукцій, нотних видань, зібрання юдаїки, а також значна частина архівного фонду Національної академії наук України.

Національна парламентська бібліотека України (01601, Київ, вул. М. Грушевського, 1. Електронна адреса сайту бібліотеки: <http://www.nplu.kiev.ua/>).

Національна Парламентська бібліотека України є провідним державним культурним, освітнім, науково-інформаційним закладом. Це загальнодоступна установа з універсальними за змістом фондами і характером обслуговування населення. Фонд Національної парламентської бібліотеки України – універсальний, складає більше 4 млн примірників українською, російською, англійською, французькою, німецькою, польською, чеською та іншими іноземними мовами, в т.ч. стародруки, рідкісні, цінні видання. Склад і зміст фондів НПБ України розкривають каталоги та картотеки, які створені в традиційній картковій і електронній формах.

Інформацію про наявність у бібліотеці необхідного документа користувачі можуть отримати з абеткових каталогів: документів українською, російською та іноземними мовами, а про наявність літератури з окремих галузей знань – з систематичних каталогів документів українською, російською та іноземними мовами, авторефератів дисертацій, стародруків, цінних і рідкісних книг. Електронний каталог включає документи з 1995 року.

Державна історична бібліотека України (01017, Київ, вул. І. Мазепи (Січневого повстання), 21, Києво-Печерський історико-культурний заповідник, корпус 24. Електронна адреса сайту бібліотеки: <http://www.dibu.kiev.ua/>).

Створена була бібліотека у 1939 р. Фонд її складає понад 800 тис. одиниць зберігання. Вона є Всеукраїнським депозитарієм історичної літератури та методичним центром в

галузі наукової бібліографії з історії України. Каталоги і картотеки, що відображають фонд бібліотеки такі: алфавітний каталог книг, генеральний алфавітний каталог книг і продовжуваних видань, алфавітний каталог фонду відділу рідкісні, цінних та стародрукованих книг та ін. Є електронний каталог.

Державна науково-технічна бібліотека України (01171, Київ, вул. Антоновича (колишня Горького), 180 Електронна адреса бібліотеки: <http://gntb.gov.ua/ua/>).

ДНТБ України – одна з найбільших бібліотек країни з унікальним багатогалузевим фондом науково-технічної літератури і документації, що нараховує майже 21 мільйон примірників документальних джерел інформації. В ньому представлені: найбільший фонд патентних документів в Україні, унікальні фонди промислової та нормативно-технічної документації, дисертацій, звітів про науково-дослідні і дослідно-конструкторські розробки, депонованих наукових робіт, фонд вітчизняних та зарубіжних книг та періодичних видань науково-технічного спрямування.

Бібліотека є місцем збереження всіх звітів про виконані науково-дослідні роботи та повних текстів дисертацій з усіх галузей знань, які захищені в Україні (у вигляді комп'ютерних файлів). Також у бібліотеці є реферативна база депонованих наукових робіт.

Кожне наукове дослідження після обрання теми починається з досконалого вивчення наукової інформації.

Найважливішим чинником роботи над відібраною з теми дослідження інформацією є *самостійність праці науковця*. Кожна сторінка має бути неспішно проаналізована, обдумана щодо поставленої мети. Мета дослідження – це поставлена кінцева ціль, кінцевий результат, на який спрямоване все дослідження. Тільки вдумливий, самостійний аналіз прочитаного дозволить переконатися у своїх судженнях, закріпити думку, поняття, уявлення.

Дуже часто важливим чинником при опрацюванні тексту, інформаційних матеріалів є *наполегливість* і *систематичність*. Часто, особливо при читанні складного нового тексту, чітко обдумати його з першого разу неможливо. Доводиться читати й перечитувати, добиваючись повного розуміння викладеного.

Послідовне, систематичне читання поліпшує засвоєння матеріалу, а відволікання зриває, порушує логічно налаштовану думку, викликає втому. Систематичне читання за планом з обдумуванням та аналізом прочитаного є набагато продуктивнішим за безсистемне читання.

Слід зазначити, що повне й тривале запам'ятовування відбувається не лише тоді, коли ми цього хочемо, але й тоді, коли цього бажання немає, наприклад, при активному творчому читанні. Текст зберігається в пам'яті певний час. Поступово він забувається. Спочатку після сприйняття інформації цей процес відбувається найбільш швидко, а із часом темп уповільнюється. Так, у середньому через один день губиться 23–25 % прочитаного, через п'ять днів – 35, а через десять – 40%.

Повторювання – один з ефективних засобів запам'ятовування. Воно буває пасивним (перечитування декілька разів) та активним (перечитування з переказом). Другий спосіб є більш ефективним, оскільки в ньому поєднано заучування й самоконтроль. Іноді корисно сполучати активне повторювання з пасивним. Важливо також правильно обрати час для повторювання. Враховуючи характер забування, матеріал краще повторювати в день читання або на наступний день, а пізніше повторювати лише періодично і тільки те, що становить найбільший інтерес.

Неодмінною умовою аналізу відібраної для дослідження літератури є *запис прочитаного*. Він дозволяє краще сприймати й засвоювати матеріал, а також зберігати його для подальшої роботи. Проте запис потребує додаткового часу. Тут важливим є правильний вибір способу запису

прочитаного. Для цього застосовують виписки, анотації, конспекти.

Виписка – короткий (чи повний) виклад змісту окремих фрагментів (розділів, параграфів, сторінок) інформації. Це дозволяє в малому обсязі накопичити велику інформації. Виписка може стати основою для подальших творчих роздумів над темою дослідження.

Анотація – це спресований, стислий і точний зміст першоджерела. Анотації складають на документ у цілому. Їх зручно накопичувати на окремих картках чи аркушах. За їхньою допомогою можна швидко відтворити текст у пам'яті.

Конспект – це докладний виклад змісту документу, джерела, яке аналізується. Головне у складанні конспекту – це вміння виділити раціональне зерно щодо теми дослідження. Повнота запису означає не обсяг, а все те, що є головним у даному документі. Для виділення головних думок можна в конспекті застосовувати підкреслювання.

Конспект можна складати і за допомогою ксерокопій потрібних для дослідження матеріалів. Це спосіб зручний щодо заощадження часу для виконання дослідження. На сторінках ксерокопій статей, розділів з монографій тощо можна робити підкреслювання, записувати власні думки щодо прочитаного, а також доповнення як на полях, так і на звороті аркуша копії.

Наявність виписок, анотацій, конспектів є неодмінною умовою проведення дослідження. Це особливо важливо для складання аналітичного *огляду літератури з теми дослідження* (у дисертаціях це перший розділ).

Складання огляду потребує не лише аналізу інформації, але й її класифікації та систематизації. Джерела можна систематизувати у хронологічному порядку або за темами аналізованого питання.

Перший варіант складання огляду полягає в тому, що всю інформацію систематизують за певними історичними проміжками. Для цього доцільно в історії досліджуваного

питання виділити наукові етапи, що характеризуються якісними змінами.

На кожному етапі літературні джерела слід піддати ретельному критичному аналізу. Для цього потрібно мати певну ерудицію, рівень знань. За умов такого критичного аналізу різні ідеї, факти, теорії зіставляють одну з одною. Цінним є вміння науковця встановити етап в історії досліджуваного питання, визначити рубіж, після якого в даній темі з'явилися ідеї, що якісно змінили напрям дослідження.

В процесі активного аналізу виникають власні міркування, формулюються найбільш актуальні питання, що підлягають вивченню в першу чи у другу чергу, формуються уявлення. Усе це поступово створює фундамент майбутньої гіпотези наукового дослідження.

Бувають випадки, коли в процесі аналітичного огляду науковець лише перераховує авторів і наводить анотації їхніх робіт, не висловлюючи при цьому власної думки. Такий пасивний, формальний огляд є неприпустимим.

Другим варіантом складання огляду є тематичний огляд. Увесь обсяг інформації систематизують за питаннями досліджуваної теми. При цьому розглядають у першу чергу монографії, в яких підведено підсумок досліджень з даного питання. Далі аналізують статті та інші джерела. Другий варіант огляду є простішим, його застосовують частіше, він вимагає менших витрат часу. Проте він не дозволяє проаналізувати наявну інформацію в повному обсязі.

Спрямовуючою ідеєю всього аналізу інформації має стати обґрунтування актуальності й перспективності передбачуваної мети наукового дослідження. Кожне джерело аналізують з позиції історичного наукового внеску в розвиток даної теми.

В процесі створення нової техніки, у випадку неповноти або недостатньої достовірності та неоперативності одержання інформації, практично неможливо скласти уявлення про кращі світові та вітчизняні зразки, що спричиняє

технічне відставання ще на стадії проектування.

Не менш важливе значення має завдання забезпечення наукових досліджень зручною для сприйняття інформацією про важливі наукові досягнення, які були отримані в минулому. Таким чином, розвиток державної системи збору, опрацювання, зберігання, ефективного пошуку та передачі інформації з використанням найсучасніших методів і засобів (у першу чергу, обчислювальної техніки) є надзвичайно актуальним. Методи інформатики успішно застосовуються для створення ефективних інформаційних систем і є основою для автоматизації наукових досліджень та проектування різних виробничих процесів.

В процесі розвитку інформатики можна виділити декілька напрямів:

- технічний (інженерний), пов'язаний з утворенням обчислювальної техніки та різноманітних автоматизованих інформаційно-пошукових систем;
- програмний, пов'язаний із забезпеченням ЕОМ програмами, що дозволяють реалізувати відповідні завдання;
- алгоритмічний, пов'язаний із розробкою алгоритмів розв'язання різних теоретичних і практичних завдань і утриманням баз даних або банків даних.

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

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

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

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

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

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

складу банку даних входять: база даних і комплекс засобів їхнього створення та використання (програмна система управління базами даних, мови, обчислювальне обладнання, технології, персонал, методики).

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

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

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

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

Як первинні, так і вторинні документи поділяють на *опубліковані* (видання) і *неопубліковані*. До первинних документів належать книги (неперіодичні текстові видання обсягом понад 48 с.). Книги і брошури поділяють на *наукові*,

навчальні, офіційно-документальні, науково-популярні й, врешті решт, за галузями наук і науковими дисциплінами. Серед книг і брошур важливе наукове значення мають *монографії*, які є всебічним дослідженням однієї проблеми або теми і належать одному або декільком авторам, та *збірники наукових праць*, що містять низку наукових статей одного або декількох авторів, реферати і різні офіційні або наукові матеріали.

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

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

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

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

Важливе значення для виконання науково-дослідних робіт має *патентна документація*, яка є сукупністю документів, що містять дані про відкриття, винаходи та інші види промислової власності, а також дані про охорону прав

винахідників. Патентна документація має високий ступінь достовірності, оскільки підлягає ретельній експертизі на новизну та корисність. До основних видів *неопублікованих первинних документів* можна віднести *науково-технічні звіти, дисертації, депоновані рукописи, наукові переклади, конструкторську документацію, інформаційні повідомлення* про проведені науково-технічні конференції, з'їзди, симпозіуми, семінари.

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

На сучасному етапі розвитку ринкових відносин, коли темпи накопичення і передачі інформації зростають, виникає протиріччя між виробництвом інформації та можливостями її споживання, переробки і використання. Потрібні відповідні методики орієнтації наукових працівників на най-

більш продуктивний пошук і використання відповідних інформаційних матеріалів.

Роз'яснення – це відомості про довкілля, про процеси, які здійснюються в ньому, про події і стан, що сприймаються людьми, які керують машинами та системами. Це одне із загальних понять науки, що означає певні відомості, сукупність якихось даних, знань, детальна, систематизована подача певного відібраного матеріалу, але без будь-якого аналізу.

Наукова інформація – це логічна інформація, яка отримується в процесі пізнання, адекватно відображає закономірності об'єктивного світу і використовується в суспільно-історичній практиці.

Основні ознаки наукової інформації:

- наукова інформація отримується в процесі пізнання закономірностей об'єктивної дійсності, підґрунтям якої є практика, і подається у відповідній формі;
- наукова інформація – це документовані або публічно оголошені відомості про вітчизняні та зарубіжні досягнення науки, техніки, виробництва, отримані в процесі науково-дослідної, дослідно-конструкторської, виробничої та громадської діяльності.

Основні джерела науково-технічної інформації можна згрупувати в такому вигляді:

1. *Монографія* – це наукова праця, присвячена глибокому викладу матеріалу в конкретній, зазвичай вузькій галузі науки. Це наукова праця одного або декількох авторів. Вона має достатньо великий обсяг: не менше 50 сторінок машинописного тексту. Це наукове видання, що містить повне й вичерпне дослідження певної проблеми чи теми.

2. *Збірник* – це видання, яке складається з окремих робіт різних авторів, присвячених одному напрямку, але з різних його галузей. У збірнику публікуються закінчені праці з рекомендацією їх використання.

3. *Періодичні видання* – це журнали, бюлетені та інші видання з різних галузей науки і техніки. В періодичних виданнях можуть друкуватись праці і їх результати. Виклад матеріалу проводиться в популярній, доступній формі.

4. *Спеціальні випуски технічних видань* – це документи інформаційного, рекламного плану, аналітичні, статистичні дані з певної проблеми.

5. *Патентно-ліцензійні видання (патентні бюлетені)*.

6. *Стандарти* – це нормативно-технічні документи щодо єдиних вимог до продукції, її розробки, виробництву та застосуванню.

7. *Навчальна література* – це підручники, навчальні посібники, навчально-методична література.

8. *Надруковані документи* – це дисертації, звіти про НДР, окремі праці. Це документи для студентів, аспірантів, які займаються НДР: планові, звітні документи, статистичні та опубліковані доповіді, методичні та інструкційні матеріали.

9. *Науково-інформаційна діяльність* – сукупність дій, які спрямовані на задоволення потреб громадян, юридичних осіб і держави, і яка полягає в її збиранні, аналітико-синтезній обробці, фіксації, зберіганні, пошуку і поширенні.

10. *Інформаційні ресурси науково-технічної інформації* – це систематизовані зібрання науково-технічної літератури і документації, зафіксовані на паперових та інших носіях.

11. *Довідково-інформаційний фонд* – це сукупність упорядкованих первинних документів і довідково-пошукового апарату, призначених для задоволення інформаційних потреб.

12. *Довідково-пошуковий апарат* – це сукупність упорядкованих вторинних документів, створюваних для пошуку першоджерел.

13. *Інформаційні ресурси спільного користування* – це сукупність інформаційних ресурсів державних органів науково-технічної інформації (бібліотека, фірми, організації);

14. *Аналітико-статистична обробка науково-технічної та практичної інформації.*

15. *Інформаційний ринок* – це система економічних, організаційних і правових відносин щодо продажу і купівлі інформаційних ресурсів, технологій, продукції та послуг.

Законом України «Про інформацію» визначено головні принципи інформаційних відносин:

- гарантованість права на інформацію;
- доступність інформації та свобода обміну нею;
- об'єктивність, вірогідність інформації;
- повнота і точність інформації;
- законність отримання, використання, поширення і зберігання інформації.

Право на інформацію мають усі громадяни України, юридичні особи і державні органи. З метою задоволення інформаційних потреб, органи державної влади та місцевого самоврядування створюють інформаційні служби, системи, мережі, бази і банки даних.

Для прискорення відбору потрібної інформації і підвищення ефективності праці в Україні створена загальнодержавна служба науково-технічної інформації (НТІ). Вона включає галузеві інформаційні центри – Республіканський інститут НТІ, науково-дослідні інститути (НДІ), інформаційні центри, відділи НТІ в НДІ, конструкторських бюро на підприємствах.

В процесі наукових досліджень зустрічається таке поняття, як галузі інформації.

Галузі інформації – сукупність документованих або публічно оголошених відомостей про відносно самостійні сфери життя і діяльності.

Розрізняють такі галузі інформації:

- політична;
- духовна;
- науково-технічна;
- соціальна;

- економічна;
- міжнародна.

Чітке знання термінів та їх сутності, а також галузей інформації дозволяє науковому досліднику оперативно їх знаходити, переробляти, узагальнювати та ефективно застосувати для виконання відповідних завдань.

Значення і роль інформації в тім, що, по-перше, без неї не може бути проведене то чи інше наукове дослідження, по-друге, інформація досить швидко старіє, і потрібне постійне оновлення (актуалізація) матеріалів.

За даними зарубіжних джерел інтенсивність старіння інформації становить понад 10% на день для газет, 10% на місяць для журналів, 10% на рік для книг і монографій. Окрім цього, інформація для дослідника є предметом і результатом його праці. Осмислюючи та опрацьовуючи потрібну інформацію, дослідник видає специфічний продукт – якісно нову інформацію. При цьому підраховано, що біля 50% свого часу дослідник витрачає на пошук інформації. Тому досить відповідальним етапом наукового дослідження є вміння оперативно знаходити і опрацьовувати потрібну інформацію з теми дослідження.

Джерела інформації та їх використання у науково-дослідницькій роботі

В процесі підготовки та проведення будь-якого дослідження можна виділити п'ять головних етапів:

- *етап накопичення наукової інформації*, бібліографічний пошук наукової інформації, вивчення документів, основних джерел теми, складання огляду літератури, вибір аспектів дослідження;
- *формулювання теми, мети і завдання дослідження*, визначення проблеми, обґрунтування об'єкту і предмету, мети, головних завдань, гіпотези дослідження;
- *теоретичне дослідження* – обґрунтування напрямів,

вибір загальної методики, методів, розробка концепції, параметрів, формулювання висновків дослідження;

- *проведення експерименту* – розробка програми, методики, одержання і аналіз даних, формулювання висновків і результатів дослідження;

- *оформлення результатів наукового дослідження*, висновків, рекомендацій, уточнення наукової новизни та практичної значущості.

Як бачимо, дослідження розпочинається з аналізу *інформаційних матеріалів* з обраної теми.

Досліднику-початківцю треба мати на увазі, що інформаційний пошук – справа нелегка. Потіки інформації зростають так інтенсивно, що кажуть навіть про інформаційний вибух.

Справді, за даними ЮНЕСКО, на початку ХІХ ст. в усьому світі виходило близько 100 періодичних видань. Уже до 1850 р. їх кількість збільшилась до 1000, до 1900 року – перевищила 10000, а в наш час наближається до 500000. Крім того, безперервно збільшується кількість статей у журналах; зараз щорічно їх публікується близько 3000000.

Що ж до книжок, то тільки за останні 25 років їх надруковано стільки, скільки було видано за всі попередні 500 років. Взагалі, річний приріст потоку науково-технічної інформації становить 7–10%, а кожні 15 років обсяг цієї інформації подвоюється.

Алгоритм процесу збору та аналізу наукової інформації представлений на рис. 4.4.

Загальна схема збору та аналізу наукової інформації представлена на рис. 4.5.

Наукова інформація слугує теоретичним та експериментальним підґрунтям, основою проведення наукового дослідження, є доказом наукової обґрунтованості роботи її, достовірності та новизни.

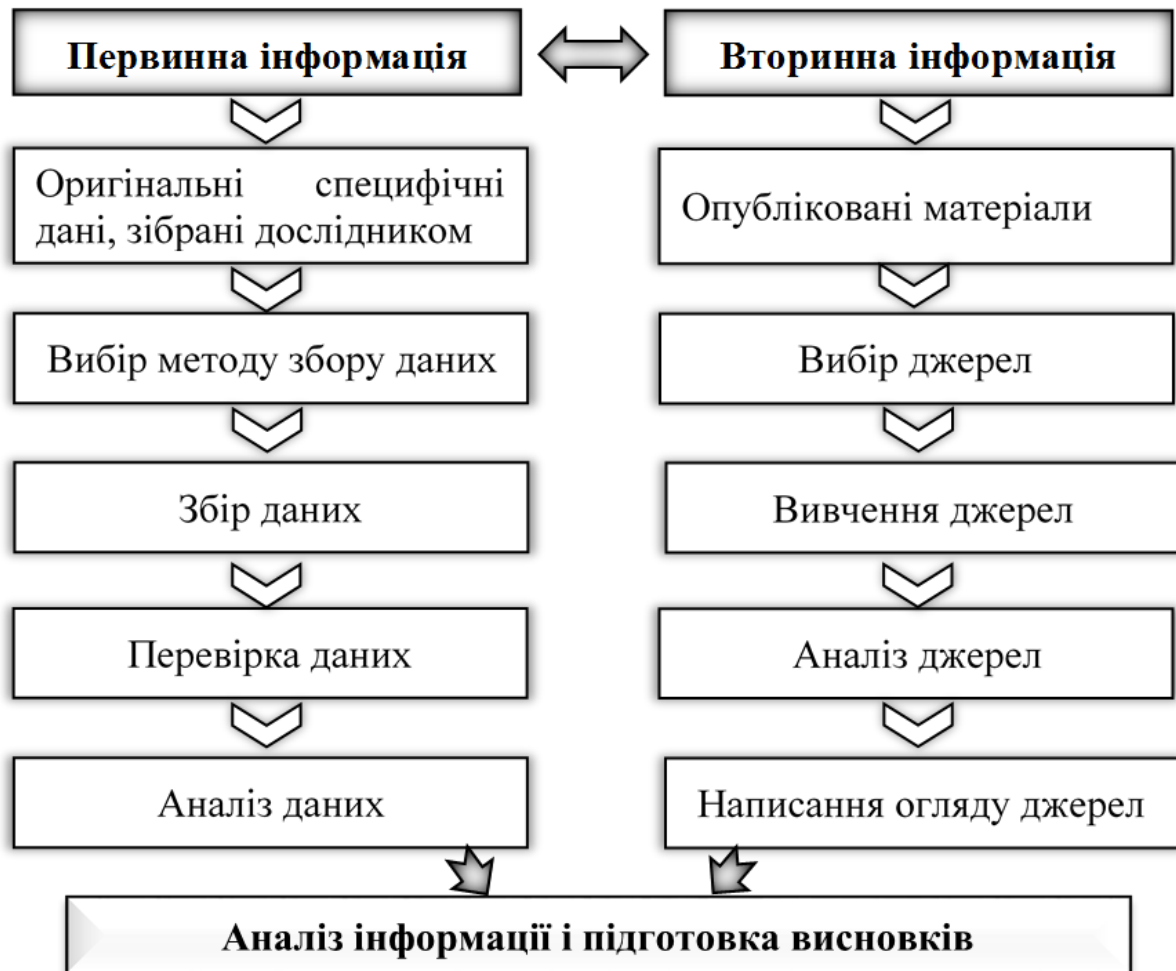


Рис. 4.4. Алгоритм процесу збору та аналізу наукової інформації

Достовірність – це достатня правильність, доказ того, що названий результат (закон, сукупність фактів) є істинним, правильним. Достовірність результатів і висновків обґрунтовується експериментом, логічним доказом, аналізом літературних та архівних джерел, перевірених на практиці. Є три групи методів доказу достовірності: *аналітичні, експериментальні, підтвердження практики.*

До найважливіших методів наукового пізнання належать *аналітичні методи*, суть яких – доказ результату через логічні, математичні перетворення, аналіз статистичних даних, опублікованих і неопублікованих документів (облікових, планових, аналітичних, анкетних).



Рис. 4.5. Загальна схема збору та аналізу наукової інформації

В процесі експерименту проводяться наукові дослідження порівнюються теоретичні та експериментальні результати. При порівнянні наукового результату з практикою необхідний збіг теоретичних положень з явищами, що спостерігаються в практичних ситуаціях. Тому для вивчення теоретичного підґрунтя теми дослідження потрібне глибоке опрацювання джерел інформації.

Треба мати на увазі, що коли необхідне джерело інформації відсутнє у бібліотеці ЗВО, його можна одержати за міжбібліотечним абонементом (МБА) або заповнити відповідні копії в УНДІТЕІ.

В процесі бібліографічного пошуку слід виділити три групи видів бібліографічних посібників:

- *державні бібліографічні посібники.* Вони відображають твори друку, що випускаються на території певної кра-

їни на основі їх державної реєстрації. Систематичне ознайомлення з такими покажчиками (література в них розташована за галузями знання) дозволяє мати повне уявлення про нові видання у країні. В Україні таким покажчиком є «Літопис книг», який видається Книжковою палатою України;

- *науково-допоміжні бібліографічні посібники* (списки, огляди) включають твори друку на допомогу науковій і професійній діяльності. Вони складаються за певними темами;

- *рекомендаційні бібліографічні посібники* (списки, огляди) відтворюють твори друку на допомогу освіті, самоосвіті, вихованню; створюються на основі відбору кращих, найбільш актуальних видань. Окремим книгам, статтям дається коротка або розгорнута характеристика у формі анотації чи реферату. Існують також інші бібліографічні покажчики – універсальні, галузеві, тематичні, країнознавчі, краєзнавчі, персональні, видавничі тощо.

Крім бібліографічних посібників важливим джерелом пошуку наукової інформації виступають *реферативні журнали*. Вони публікують реферати, які включають скорочений виклад змісту первинних документів (або їх частин) з основними фактичними відомостями та висновками.

В Україні видається Український Реферативний Журнал (УРЖ) «Джерело», що виходить у трьох серіях:

Серія 1. Природничі науки. Серія 2. Техніка. Промисловість. Сільське господарство. Серія 3. Соціальні і гуманітарні науки. Мистецтво.

Крім цього, в галузі природничих, технічних і точних наук важливим реферативним джерелом всесвітньої наукової літератури виступають реферативні журнали Всеросійського інституту наукової і технічної інформації, які виходять з 1954 р. у 25 серіях.

Кілька слів щодо пошуку інформації в самій книзі. Кожна книга має свій особливий довідково-пошуковий апарат, елементами якого є:

- зміст, який розміщується на початку чи наприкінці

книги, розкриває будову книги та її структуру;

- внутрішньотекстове виділення за допомогою шрифтових, композиційних чи орнаментальних засобів, яке дозволяє привернути увагу читача до найбільш значущих частин тексту;

- іменні покажчики, предметні покажчики термінів, понять тощо Розташування імен, термінів, понять у них, як правило, алфавітне що суттєво полегшує інформаційний пошук.

У книгах, статтях часто подаються посилання на використані автором документи. Такі цінні відомості дозволяють науковцю чи студенту доповнити вже складений список літератури з теми, глибше проникнути в суть питань, що вивчаються.

Електронний пошук наукової інформації

В науці значну роль відіграє інформація про сучасний стан розвитку нових здобутків як в галузі досліджень в цілому, так і в суміжних галузях. Тому електронний пошук та використання наявної інформації дозволяє суттєво скоротити час та підвищити ефективність наукових досліджень.

Одним з ключових показників, який широко застосовується в усьому світі для оцінки роботи дослідників та наукових колективів є індекс цитування. Для оцінки впливу вченого або наукового закладу на світову науку, для кількісного визначення проведених наукових досліджень використовуються статистичні дані вказівників **Science Citation Index (SCI)** та **Journal Citation Reports (JCR)**, що випускаються американським закладом **Institute for Scientific Information (ISI)**. Індекс цитування та його Internet версія (http://thomsonreuters.com/products_services/scientific/Web_of_Science) містить бібліографічний опис усіх статей з опрацьованих наукових журналів та відображає публікації за фундаментальними розділами науки у провідних міжнародних та національних

журналах.

Показчик цитованості журналів JCR визначає інформаційну значимість кожного журналу. На сьогоднішній день визнано, що фактор впливу (імпакт-фактор) журналу є одним з формальних критеріїв, за яким можна порівнювати рівень наукових досліджень у споріднених галузях знань. При присудженні грантів, висуненні на наукові премії експерти обов'язково звертають увагу на наявність у пошукачів публікацій в журналах, що мають **JCR** величину. Імпакт-фактор наукового видання являє собою відношення кількості посилань на статті у журналі, видані за певний проміжок часу (зазвичай 2 роки), до загальної кількості статей, надрукованих у журналі за цей період.

Таким чином, імпакт-фактор є мірою, що визначає частоту, з якою цитується типова стаття з даного журналу. Використання імпакт-фактору в якості критерію для оцінки журналу ґрунтується на припущенні: журнал, що публікує значну кількість статей, на які активно посилаються інші вчені, заслуговує на особливу увагу. При цьому мається на увазі, що чим вище значення імпакт-фактора, тим вище наукова цінність, авторитетність журналу.

Перелік журналів з найвищим імпакт-фактором за версією **JCR** можна знайти за адресою <http://www.sciencegateway.org/rank/index.html>. Також на сайті можна знайти зведену статистичну інформацію за країнами.

Перелік журналів, що використовуються **Institute for Scientific Information** для розрахунку **JCR** можна знайти за адресою <http://www.thomsonscientific.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=K>.

Проте, використання індексу **JCR** має певні особливості:

- в індексі присутні переважно англomовні журнали, а це призводить до штучного зменшення кількості та імпакт-фа-

ктору україно-та російськомовних журналів. До обліку потрапляють журнали, що подають, щонайменше, бібліографію та перелік літератури англійською мовою;

- на включення журналу до переліку впливають як його якість, так і відповідність світовим стандартам: регулярність виходу, наявність бібліографії, термін проходження від подання статті до її публікації. Цитованість також залежить від наявності та доступності повнотекстових електронних версій журналів;

- на індекс цитування також впливають особливості наукового розвитку в різних галузях, що яскраво відображається для певних ділянок суспільних та гуманітарних наук.

Тому, наприклад в Росії існує власний індекс цитування, розроблений Федеральною агенцією з науки та інновацій і знаходиться за адресою: http://e-library.ru/projects/citation/cit_index.asp.

Розміщена в базі інформація доступна для зареєстрованих користувачів, проте на сайті наявна реєстрація для сторонніх користувачів. Також в системі наявна велика кількість повних текстів статей більш ніж з 4 тисяч журналів. В Україні власної аналогічної системи на даний момент поки що не існує.

Пошук наукової інформації в мережі Internet

В мережі Internet існує величезна кількість інформації, більша частина якої організована неупорядковано та розподілена між багатьма сайтами. Значна кількість організацій (в тому числі й офіційних) розташовує нормативну інформацію на власних сайтах. Тому для ефективного пошуку інформації в мережі Internet існують спеціальні сайти, які називають *пошуковими системами*. Вони використовують пошукових роботів для збору інформації з сайтів та подальшої ефективною обробки за системою, аналогічною до побудови індексу цитування наукової літератури. На даний час основними пошуковими системами є:

РОЗДІЛ 5. МЕТОДИКА ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Методика теоретичних досліджень

Теоретичні дослідження є обов'язковою складовою будь-якого наукового дослідження. Об'єм і глибина досліджень по цьому важливому розділу визначаються з урахуванням відповідної наукової спеціальності, а також можливостей самого дослідника і його здібностей.

Теоретичні дослідження ґрунтуються на аксіомах, законах, принципах, постулатах та теоремах, тобто на логічних побудовах, які сформульовані в результаті розвитку науки та освіти протягом тривалої історії людства. Їх значимість полягає в тім, що вони виключають необхідність повторення попередньо пройдених людством етапів з накопичення досвіду і нового отримання даних тих експериментальних досліджень які слугували підґрунтям для встановлення вищеперерахованих логічних побудов.

Метою теоретичних досліджень є з'ясування в процесі синтезу знань суттєвих зв'язків між досліджуваним об'єктом і зовнішнім середовищем, *пояснення й узагальнення* результатів експериментальних досліджень та *виявлення* загальних закономірностей з їх наступною формалізацією.

Теоретичне дослідження завершується *розробленням теорії*, що не обов'язково пов'язана із побудовою її математичного апарату. Теорія проходить у своєму розвитку різні стадії – від якісного пояснення і кількісного вимірювання процесів до їх формалізації – і може бути представлена як у вигляді правил, так і у вигляді математичних рівнянь.

Основні завдання теоретичних досліджень:

- узагальнення результатів дослідження, виявлення загальних закономірностей шляхом оброблення та інтерпретації

дослідних даних;

- поширення результатів дослідження на низку подібних об'єктів без повторення всього обсягу досліджень;
- підвищення надійності експериментального дослідження об'єкта (пояснення параметрів і умов спостереження, точності вимірювань).

Теоретичні дослідження передбачають такі етапи виконання:

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

Якщо не вдається виконати математичне дослідження, то формулюється математичне дослідження в словесній формі з використанням графіків, таблиць та ін. У технічних науках необхідно прагнути до застосування математичної формалізації висунутих гіпотез і висновків.

Процес виконання теоретичних досліджень складається із декількох стадій. Перша стадія – ***оперативна***, яка включає перевірку можливостей усунення технічних суперечностей, оцінку вірогідних змін у середовищі, що оточує об'єкт, аналіз можливості переносу вирішення завдання з інших галузей знань, застосування «зворотного» рішення. Друга стадія – ***синтезна***, в процесі якої визначається вплив зміни однієї частини об'єкта на побудову інших його частин, а також необхідні зміни тих об'єктів, що працюють разом із цим об'єктом. Оцінюються можливості застосування зміненого об'єкта в нових умовах та знайденої технічної ідеї для розв'язання інших задач.

Виконання перших двох стадій дає можливість приступити до стадії ***постановки завдання***, в процесі якого визначається кінцева мета розв'язання завдання, перевіряється можливість досягнення тієї ж мети іншими (можливо, більш

простими) шляхами, обирається найефективніший спосіб розв'язання завдання та визначаються потрібні кількісні показники. Після цього, за необхідності, уточнюються вимоги до конкретних умов практичної реалізації одержаного розв'язку завдання.

Аналітична стадія включає визначення ідеального кінцевого результату; виявляються перешкоди, які заважають отримати ідеальний результат, та їх причини; визначаються умови, які забезпечують отримання ідеального результату з метою виявлення, за яких умов зникне «перешкода».

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

Основною метою теоретичних досліджень є розв'язок таких задач:

- вивчення фізичної природи досліджуваних об'єктів, явищ та процесів;
- побудова принципів моделей цих об'єктів досліджень в цілому чи по окремих характеристиках;
- порівняння можливих еквівалентних моделей досліджуваного об'єкта;
- побудова розрахункових моделей функціонування

об'єкта;

- розв'язок задач аналізу, синтезу та оптимізації параметрів об'єкта дослідження.

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

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

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

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

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

Метод ідеалізації – конструювання подумки об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні. Мета ідеалізації: позбавити реальні об'єкти деяких притаманних

їм властивостей і наділити (подумки) ці об'єкти певними нереальними і гіпотетичними властивостями.

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

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

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

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

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

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

Математична підготовка спеціаліста, який хоче самостійно виконувати теоретичні дослідження технічних процесів, повинна бути досить високою. Поряд з класичними

розділами математичного аналізу для дослідження процесів часто застосовують сучасні розділи математики: лінійне, нелінійне, динамічне програмування, теорію гри і статистичних розв'язків, теорію масового обслуговування, метод кінцевих елементів, теорію катастроф та ін.

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

Метод статистичного моделювання, відомий під назвою «метод Монте-Карло», – це числовий метод розв'язування математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин. Датою народження методу Монте-Карло вважають 1949 р., коли з'явилася стаття під назвою «The Monte Carlo method». Автори цього методу – американські математики Дж. Нейман і С. Улам, хоча теоретична основа цього методу була відома давно. Навіть деякі задачі статистики іноді розраховували за допомогою випадкових вибірок, тобто фактично «методом Монте-Карло». Для кращого розуміння методу розглянемо такий приклад. Нехай нам треба визначити площу плоскої фігури S . Це може бути будь-яка фігура, обмежена криволінійними або прямолінійними контурами (рис. 5.1).

Розташуємо цю фігуру в квадрат зі сторонами 1×1 у системі координат. Оберемо у середині квадрату N випадкових точок.

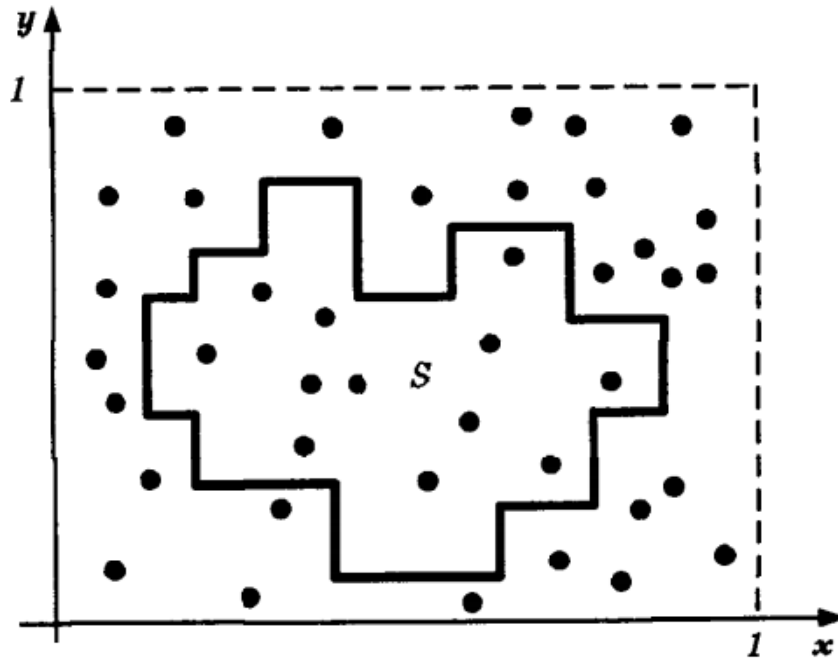


Рис. 5.1. Визначення площі фігури за методом Монте-Карло

Позначимо через N' число точок, що потрапили в середину фігури S . Геометрично очевидно, що площа S наближено дорівнює відношенню N'/N . Чим більше N , тим більша точність цієї оцінки. У прикладі, що зображений на рис. 5.1, обрали 40 випадкових точок. З них 12 точок виявилися в середині фігури S . Отже, відношення N'/N буде $12/40=0,3$, а фактична площа фігури $S = 0,35$.

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

Друга особливість цього методу – похибка обчислень, як правило, пропорційна $\sqrt{\frac{D}{N}}$, де D – деяка стала, N – число

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

Дискретні та безперервні випадкові величини.

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

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

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

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

$$P^*(A) = p^*$$

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

Дискретна випадкова величина ξ визначається таблицею T :

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

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

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

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

Крім *дискретних* (фіксованих, роздільних) *випадкових величин*, розрізняють *неперервні випадкові величини*. Будемо називати випадкову величину ξ *неперервною*, якщо вона може набувати будь-якого значення на певному інтервалі (a, b) . Прикладом неперервних величин будуть розміри партії деталей, виготовлених у межах допуску; час напруцювань на відмову вузлів, деталей; час відновлення машин та ін. А

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

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

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

Випадкова величина γ , що знаходиться в інтервалі $(0, 1)$ і має густину $p(x) = 1$, називається *рівномірно розподіленою в інтервалі $(0, 1)$* (рис. 5.2).

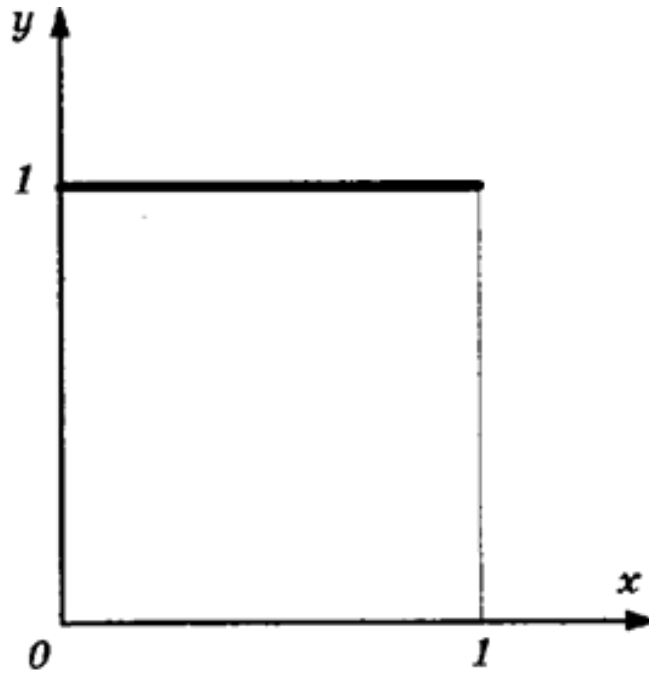


Рис. 5.2. Рівномірно розподілена випадкова величина y

Математичне сподівання для рівномірно розподіленої величини y визначається за формулою:

$$M_y = \int_0^1 xp(x)dx = \int_0^1 xdx = \frac{1}{2}$$

Дисперсія:

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

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

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

Розглянемо N незалежних випадкових величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$, розподіл яких збігається з розподілом ξ . Якщо N велике, то за центральною граничною теоремою теорії ймовірностей розподіл суми цих випадкових величин

$$p_N = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_N$$

буде приблизно нормальним з параметрами

$$a = N \cdot m$$

$$\sigma = b\sqrt{N}$$

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

$$P\{N \cdot m - 3b\sqrt{N} < p_N < N \cdot m + 3b\sqrt{N}\} \approx 0,997$$

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

$$P\left\{m - 3b\sqrt{N} < \frac{p_N}{N} < m + \frac{3b}{\sqrt{N}}\right\} \approx 0,997$$

Останнє співвідношення можна переписати у вигляді:

$$P\left\{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \xi_j - m < \frac{3b}{\sqrt{N}}\right\} \approx 0,997$$

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

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

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

5.2 Системний підхід у науковому дослідженні. Поняття системи. Моделювання у науковому дослідженні

Сутність системного аналізу

Системний підхід – один із головних напрямів методології спеціального наукового пізнання та соціальної практики, мета і завдання якого полягає у дослідженнях певних об'єктів як складних систем. Системний підхід сприяє формуванню відповідного адекватного формулювання суті досліджуваних проблем у конкретних науках і вибору ефективних шляхів їх вирішення.

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

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

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

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

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

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

в екології, фізіології, багатьох напрямках біології, фізики, хімії, а також у психології та суспільних науках.

Друга половина ХХ ст. характеризувалася постановкою та вирішенням системних завдань у суспільній практиці в зв'язку із запровадженням складних технічних і соціально-економічних систем. При цьому різноманітні технічні, організаційні, економічні та соціальні питання і проблеми, методи і засоби їх вирішення концентрувалися навколо єдиних цільових програм. Типовим прикладом можуть бути космічні, енергетичні, технологічні проекти. У цих комплексних програмах значне місце займала все таки проблема типу «людина-машина».

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

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

Системний підхід містить у собі принципово нову головну установку, спрямовану в своїй основі на виявлення конкретних механізмів цілісності об'єкта і, при нагоді, повної типології його зв'язків. Значні труднощі, які ускладнюють вирішення цього головного завдання, полягають у тім, що

виявлення у багатокомпонентних об'єктах різнотипних зв'язків є лише одним із основних завдань дослідження системного об'єкта. З іншого боку, важливо здійснювати порівняння динаміки всього різноманіття зв'язків у співвимірному вигляді за логічно однорідним критерієм, загальним для цілісної системи. Так, наприклад, у системі управління обсяг інформації, що надходить до керуючих структур, вимірюють у бітах. Істотним є те, що таким шляхом встановлюється не лише кількість, а й якість інформації, тобто її зміст для певного каналу зв'язку і системи загалом.

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

До основних напрямів системних досліджень можна віднести три основні тенденції (рис. 5.3), які встановив австралійський біолог і філософ Л. фон Берталанфі (1901–1972):



Рис. 5.3. Основні тенденції напрямів системних досліджень

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

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

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

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

дини». Адекватне застосування принципів системного підходу при дослідженні різних систем сприяє розвитку у дослідника особливого, системного типу мислення.

У науковій літературі до основних принципів системного підходу пропонується віднести:

- **принцип остаточної (глобальної, генеральної) мети** – функціонування та розвиток системи і всіх її складових повинні спрямовуватися на досягнення певної глобальної (генеральної) мети. Всі зміни, удосконалення та управління системою потрібно оцінювати з цієї точки зору;

- **принцип єдності, зв'язаності і модульності** – система розглядається «ззовні» як єдине ціле (принцип єдності), водночас необхідний «погляд зсередини», дослідження окремих взаємодіючих складових (принцип зв'язаності). Принцип модульності передбачає розгляд замість складових системи її входів і виходів, тобто абстрагування від зайвої деталізації за умови збереження можливості адекватного описання системи;

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

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

- **принцип розвитку** – здатність до удосконалення, розвитку системи за умови збереження певних якісних властивостей. При створенні та дослідженні штучних систем межі розширення функцій системи та її модернізація повинні визначатись їхньою доцільністю. Здатність до розвитку штучних

систем визначається наявністю таких властивостей, як само-навчання, самоорганізація, штучний інтелект;

- **принцип децентралізації** – розумний компроміс між повною централізацією системи та здатністю реагувати на вплив зовнішнього середовища окремими частинами системи. Співвідношення між централізацією та децентралізацією визначається метою та призначенням системи. Повністю централізована система є негнучкою, неспроможною швидко реагувати і пристосовуватися до змінних умов;

- **принцип невизначеності** – у більшості випадків досліджується система, про яку не все відомо, поведінка якої не завжди зрозуміла, невідома її структура, непередбачуваний перебіг процесів, невідомі зовнішні впливи тощо. Частковим випадком невизначеності є випадковість, коли певна подія може відбутись, а може й не відбутись.

В процесі системного аналізу створюється абстрактна концептуальна система, котра описується за допомогою символів або інших засобів і є певною структурно-логічною конструкцією, мета якої – слугувати інструментом для розуміння, опису та більш повної оптимізації поведінки реальної системи, зв'язків і відношень її елементів. Такою абстрактною системою може бути математична, комп'ютерна, словесна (вербальна) модель або система моделей. Отже, **системний аналіз** – це методологія дослідження таких властивостей і відношень в об'єктах, які складно спостерігати і важко розуміти за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді систем, і вивчення їх властивостей і зв'язків як відношень між цілями та засобами їх реалізації.

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

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

Системний аналіз базується на таких **методологічних принципах**:

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

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

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

До основних *особливостей* системного аналізу можна віднести такі:

- розглядаються всі теоретично можливі альтернативні шляхи і засоби досягнення мети, оптимальна комбінація та сполучення різних методів і засобів;
- альтернативи оцінюються з позицій перспективи, зокрема для систем, які мають стратегічне значення;
- відсутні стандартні, строго детерміновані рішення;
- чітко розмежовуються різні точки зору при вирішенні однієї проблеми;
- застосовується підхід до проблем, для яких не повністю визначені вимоги щодо термінів реалізації та вартості;
- визнається принципове значення організаційних і суб'єктивних чинників в процесі прийняття рішень і відповідно до цього розробляються процедури широкого застосування якісних (логічних) міркувань в аналізі й узгодженні різних точок зору;
- особлива увага приділяється факторам ризику і невизначеності, їх врахуванню й оцінці при виборі оптимального рішення серед декількох можливих варіантів.

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

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

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

- слабо структуровані або змішані проблеми, котрі містять якісні та кількісні елементи, причому домінують якісні, мало визначені та невизначені сторони проблеми, до яких належать більшість соціальних, економічних, політичних, управлінських, технічних проблем. Типовими є: перспективні (стратегічні) проблеми, що повинні вирішуватись у майбутньому; проблеми, які характеризуються широким набором альтернатив; проблеми, котрі вимагають значних ресурсів і містять елементи ризику; проблеми, що мають складну внутрішню структуру; проблеми, для яких не повністю визначені вимоги щодо вартості і часу. Саме ці проблеми є основною сферою застосування системного аналізу.

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

- прийняття оптимального рішення на основі багатьох альтернатив;

- оцінювання кожної альтернативи з позицій довготривалої перспективи;

- поглиблене розуміння й упорядкування (структуризація) проблеми;

- спрямування на розробку і прийняття нових принципів наукового мислення, яке враховує взаємозв'язки елементів цілого та суперечливі тенденції.

Основне практичне значення системного аналізу полягає не стільки в кількісній визначеності шляхів і способів вирішення проблеми, скільки в зростанні ступеня її розуміння

спеціалістами та експертами, котрі беруть участь у вирішенні цієї проблеми, і визначенні альтернативних шляхів досягнення певної мети особами, що відповідальні за ухвалення управлінських рішень.

5.2.1 Поняття системи та її властивості

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

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

Систему визначають також як комплекс елементів та їхніх властивостей, взаємодія між якими зумовлює появу якісно нової цілісності. Наявність істотних стійких зв'язків (відношень) між складовими системи або (та) їхніми властивостями, які перевищують за потужністю (силою) зв'язки (відношення) цих складових з об'єктами, що не входять до цієї системи, є важливим її атрибутом.

У перекладі з грецької «*systema*» – це ціле, яке складається з частин, об'єднання. Термін «система» існує вже більш ніж два тисячоліття, проте, різні дослідники визначають його по-різному. На сьогодні існує понад 500 визначень терміна «система». Проте, використовуючи будь-яке з них, насамперед потрібно мати на увазі ті завдання, які ставить перед собою дослідник.

Системою може бути один комп'ютер, автоматична лінія або технологічний процес, у яких комп'ютер є лише одним з компонентів, і все підприємство або декілька різних підприємств, що функціонують як єдина система в одній га-

лузі промисловості. Те, що один дослідник визначає як систему, для іншого може бути лише компонентом складнішої системи.

Одне з перших визначень системи (1950 р.) належить австрійському біологові Л. фон Берталанфі, згідно з яким система складається з деякої кількості взаємозв'язаних елементів. Оскільки між елементами системи існують певні взаємозв'язки, то повинні бути структурні відношення. Таким чином, *система – це щось більше, ніж сукупність елементів*. Аналізуючи систему, потрібно враховувати оцінку системного (синергетичного) ефекту. Властивості системи відмінні від властивостей її елементів, і залежно від властивостей, якими цікавляться дослідники, та ж сама сукупність елементів як може бути системою, так і не бути нею.

Система – цілісний комплекс взаємозв'язаних елементів, який має певну структуру і взаємодіє із зовнішнім середовищем і володіє емерджентністю.

Середовище – це сукупність елементів зовнішнього світу, які не входять до складу системи, але впливають на її поведінку або властивості. Система є *відкритою*, якщо існує зовнішнє середовище, яке впливає на систему, і *закритою*, якщо зовнішнє середовище відсутнє або не враховується, у зв'язку з поставленими цілями досліджень.

Багато дослідників визначають систему як цілеспрямовану множину взаємозв'язаних елементів будь-якої природи. Згідно з цим визначенням система функціонує для досягнення деякої мети. Це визначення цілком правильне для соціологічних і технічних систем, але погано підходить для систем навколишньої природи (наприклад, біологічних), мета функціонування яких не завжди відома.

Визначення поняття системи пов'язані з абстрактною теорією систем, в рамках якої використовуються такі рівні абстрактного опису:

- символічний, або лінгвістичний;
- теоретико-множинний;

- абстрактно-алгебраїчний;
- топологічний;
- логіко-математичний;
- теоретико-інформаційний;
- динамічний;
- евристичний.

Найвищим рівнем абстрактного опису систем є *лінгвістичний*; ґрунтуючись на ньому, можна отримати всі інші рівні. На цьому рівні вводиться поняття *предметної області*, для опису якої застосовуються моделі алгебри, пов'язані з деякою мовою.

Для опису *предметної області* цією мовою використовуються *формальні мови*, за допомогою яких будують логіко-алгебраїчну модель предметної області.

Таким чином, *система – це окремий випадок теорії, описаний формальною мовою, яка уточнюється до мови об'єктів*.

Для визначення деякого поняття використовують певні *символи (алфавіт)* і встановлюють *правила оперування* ними.

Сукупність символів і правил користування ними утворює абстрактну мову.

Поняття, висловлене абстрактною мовою, означає будь-яке речення (формулу), побудоване за граматичними правилами цієї мови. Припускають, що таке речення містить змінні, що підбираються, так звані *конституенти*, які, маючи тільки певні значення, роблять дане висловлювання істинним.

Якщо існує множина висловлювань G , але лише V з них істинні, то вважають, що має місце теорія L щодо множини G . Якщо припустити, що *конституенти* в цих висловлюваннях є формально визначеними величинами, то такі висловлювання називаються *правильними*. Тоді, за визначенням М. Месаровича, *система – це множина правильних висловлювань*.

Усі висловлювання поділяються на два типи: *терми*, які вказують на предмети (об'єкти), і *функтори*, які визначають відношення між термами (об'єктами). Використання *термів* і *функторів* дає можливість показати, як, базуючись на лінгвістичному рівні, можна утворити інші рівні абстрактного опису системи.

Наприклад, за допомогою термів і функторів можна показати, як з лінгвістичного рівня абстрактного опису системи виникає теоретико-множинний, якщо вважати, що терми – це множина X_S , за допомогою якої перераховують елементи або, інакше, підсистеми досліджуваних систем, а функтори встановлюють характер відношень між задіяними в описі множинами.

Для подальшого викладу користуватимемося теоретико-множинним визначенням системи (А. Холл, Р. Фейджин і Ф. Фейджин), згідно з яким *система – це множина об'єктів, між якими існують певні відношення, а також їх атрибути*.

Під об'єктами розуміють компоненти (елементи) системи. Це, наприклад, підсистеми (тобто може існувати ієрархія підсистем) або окремі об'єкти системи. Атрибути – це властивості об'єктів. Відношення задають певний закон, за яким визначається деяке відображення в одній і тій же множині об'єктів. Згідно з цим визначенням поняття *множина* і *елемент* є аксіоматичними. Таким чином, система S задається парою елементів:

$$S = (X_S, R_S),$$

де X_S, R_S – множини відповідно елементів (об'єктів) системи і відношень між ними.

Відношення визначають взаємодію між об'єктами. У загальному випадку n -відношення R в множинах X_1, X_2, \dots, X_n є деякою підмножиною декартового добутку $X_1 \cdot X_2 \dots X_n$, який складений з n -вимірних наборів виду (x_1, x_2, \dots, x_n) , де $x_i \in X_i$, $i=1, 2, \dots, n$.

Декартовим добутком множин $A \cdot B$ називається сукупність будь-яких пар виду (a,b) , де $a \in A$, $b \in B$, тобто $A \cdot B = \{(a,b) : a \in A, b \in B\}$.

Якщо відношення R в окремому випадку задається, наприклад деякою функцією, яка визначає зв'язок між певним елементом $x \in X$ і певним елементом y підмножини Y , то $f: X \rightarrow Y$, тобто вважаємо, що функція f перетворить значення з множини X у значення підмножини Y . Для функції f множина X – це область визначення, а підмножина Y – область значень функції. Функцію f можна розглядати як множину впорядкованих пар елементів (x,y) , де $y=f(x)$.

Що стосується атрибутів системи, то вони подібні до функцій, визначених на підмножині об'єктів.

Відмінність атрибутів від функцій полягає в тому, що два різних атрибути з точки зору поняття функції можуть бути однаковими. Атрибут A задається парою елементів – (i,f) , де i – ім'я атрибута, а f – функція, визначена на підмножині об'єктів. У динамічних об'єктів атрибут також може бути функцією від часу t . Наприклад, у разі дослідження пропускної спроможності ділянок автомобільних доріг об'єктами системи можуть бути перехрестя, розв'язки, поворот і прямолінійні ділянки доріг (статичні об'єкти) та автомобілі (динамічні об'єкти). Властивості (атрибути) динамічних об'єктів, на відміну від властивостей статичних, змінюються в часі. Наприклад, гальмівний шлях автомобіля змінюється залежно від швидкості руху і погодних умов, а прискорення може бути додатнім (під час розгону) або від'ємним (під час гальмування). Відношення в цій системі задаються згідно з правилами дорожнього руху.

Вивчаючи систему більш глибоко, усвідомлюємо, що вона може складатися з підсистем або бути одним з елементів більшої системи, тобто може існувати ієрархія систем. Наприклад, двигун є підсистемою автомобіля, який, у свою чергу, є підсистемою транспортного потоку магістралі.

На теоретико-множинному рівні абстрактного опису системи можна отримувати досить таки загальні відомості про реальні системи, а для конкретних цілей потрібні інші моделі, які давали б можливість детальніше аналізувати різні властивості реальних систем. Для цього потрібні нижчі рівні абстрактного опису систем, які є окремими випадками опису теоретико-множинного рівня. Так, якщо зв'язки між елементами даних множин встановлюються за допомогою деяких однозначних функцій, які відображають елементи множини в саму початкову множину, то має місце абстрактно-алгебраїчний рівень опису систем. У таких випадках вважають, що між елементами множини встановлені *нульарні, унарні, бінарні, тернарні* й інші відношення.

Якщо ж на даних множинах визначені деякі багатозначні функції, то мають місце *топологічні абстрактні моделі*, записані мовою загальної топології або її гілок, які називаються *топологією алгебри, гомологічною топологією* тощо.

Вибір потрібного рівня абстрактного опису при вивченні тієї або іншої реальної системи є завжди найбільш відповідальним і найбільш важким кроком у теоретико-системних побудовах. Цей процес майже не піддається формалізації і багато в чому залежить від досвіду і знань дослідника, його професійної підготовки, цілей дослідження тощо.

До основних характерних особливостей системи можна віднести наступні:

- система є передусім сукупністю елементів. За певних умов елементи, відповідно, можуть розглядатись як системи;
- наявність суттєвих зв'язків між елементами та (або) їх властивостями, що переважають над зв'язками цих елементів з тими, які не входять до даної системи. Під суттєвими зв'язками розуміють лише такі, що закономірно визначають інтегративні властивості системи, і це вирізняє систему з оточуючого середовища як цілісний об'єкт;
- наявність визначеної організації, що проявляється у зменшенні ступеня ентропії (невизначеності) системи порівняно

з ентропією системотвірних факторів. До таких факторів належать кількість елементів системи, кількість суттєвих зв'язків, якими може володіти елемент, тощо;

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

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

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

- сутність і складність систем;
- зв'язок систем із зовнішнім середовищем;
- цілеспрямованість систем;
- параметри розвитку та функціонування систем. Розглянемо детальніше **основні властивості** системи.

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

Множинність. Одна і та ж сукупність елементів може утворювати різні системи, кожна з яких визначається конкретними системотвірними відношеннями та властивостями.

Цілісність і подільність. Система є передусім цілісною сукупністю елементів. Це означає, що, з одного боку, система – це цілісне утворення, а з іншого – в її складі чітко можуть бути відокремлені цілісні об'єкти (елементи). Однак не компоненти утворюють ціле (систему), а, навпаки, – при поділі цілого виявляють компоненти системи. Отже, **первинність цілого** – це головний постулат теорії системи.

Еквіпотенційність. Систему можна розглядати як підсистему системи вищого рівня, і, навпаки, – підсистему можна розглядати як систему зі своєю структурою, функціями, зв'язками між елементами.

Неадитивність системи (емерджентність). Властивості системи хоча і залежать від властивостей її елементів, але не визначаються ними повністю. Функціонування системи не може бути зведено до функціонування окремих її компонентів. Сукупне функціонування взаємозв'язаних елементів системи породжує якісно нові її функціональні властивості. Звідси випливає важливий висновок: система не зводиться до простої сукупності елементів, тому, розділяючи її на частини, досліджуючи кожен з них окремо, неможливо пізнати всі властивості системи загалом. Цю властивість ще називають системною або **інтегративною**. Емерджентність є результатом виникнення між елементами системи так званих **синергічних зв'язків**, які забезпечують більший загальний ефект функціонування системи, ніж сума ефектів елементів системи, що діють незалежно.

Синергетика (від грец. *synergetikos* – спільний, погоджений, діючий) науковий напрямок, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), які утворюються у відкритих системах (біологічних, фізико-хімічних, економічних, соціальних та ін.) завдяки інтенсивному (потоківому) обміну речовинами й енергією з навколишнім середовищем за нерівноважних умов. У складних системах спостерігається погоджена поведінка підсистем, в результаті чого зростає рівень її впорядкованості (явище самоорганізації), тобто зменшується ентропія. Це, зокрема, стосується економічних і соціальних систем. Результатом самоорганізації стає виникнення взаємодії (наприклад, кооперація) і, можливо, регенерація динамічних об'єктів (підсистем), складніших в інформаційному аспекті, ніж елементи (об'єкти) середовища, з яких вони виникають.

Ієрархічність системи – це складність і багаторівневість структури системи, яка характеризується такими показниками: кількість рівнів ієрархії побудови та управління системою, різноманіття компонентів і зв'язків, складність поведінки та неадитивність властивостей, складність опису й управління системою, кількість параметрів і необхідний обсяг інформації для управління системою. Ієрархічність системи полягає також у тому, що систему можна розглядати як елемент системи вищого порядку (надсистеми), а її елементи – як системи нижчого порядку.

Взаємозалежність між системою та зовнішнім середовищем. Система формує та проявляє свої властивості при взаємодії із зовнішнім середовищем. Вона розвивається під впливом зовнішнього середовища, але при цьому намагається зберегти власну якісну визначеність і властивості, що забезпечують відносну стійкість її функціонування.

Рівень самостійності і відкритості системи визначається такими показниками: кількістю зв'язків системи із зовнішнім середовищем у середньому на один її елемент чи інший параметр; інтенсивністю обміну інформацією чи ресурсами між системою та зовнішнім середовищем; ступенем впливу інших систем.

Цілеспрямованість системи означає наявність у неї цілі (цілей) функціонування і розвитку. При цьому цілі характеризуються власною структурою та ієрархією.

Надійність системи (наприклад, організації) характеризується, зокрема: безперебійністю функціонування системи при виході з ладу одного з компонентів; фінансовою стійкістю і платоспроможністю організації; перспективністю запровадженої економічної, технічної, соціальної політики.

Розмірність системи характеризується кількістю компонентів системи та зв'язків між ними, що також свідчить про складність системи.

Застосування системного підходу в процесі наукового дослідження, зокрема в галузі державного управління та державної служби, передбачає дотримання наступних системних принципів (рис. 5.4):

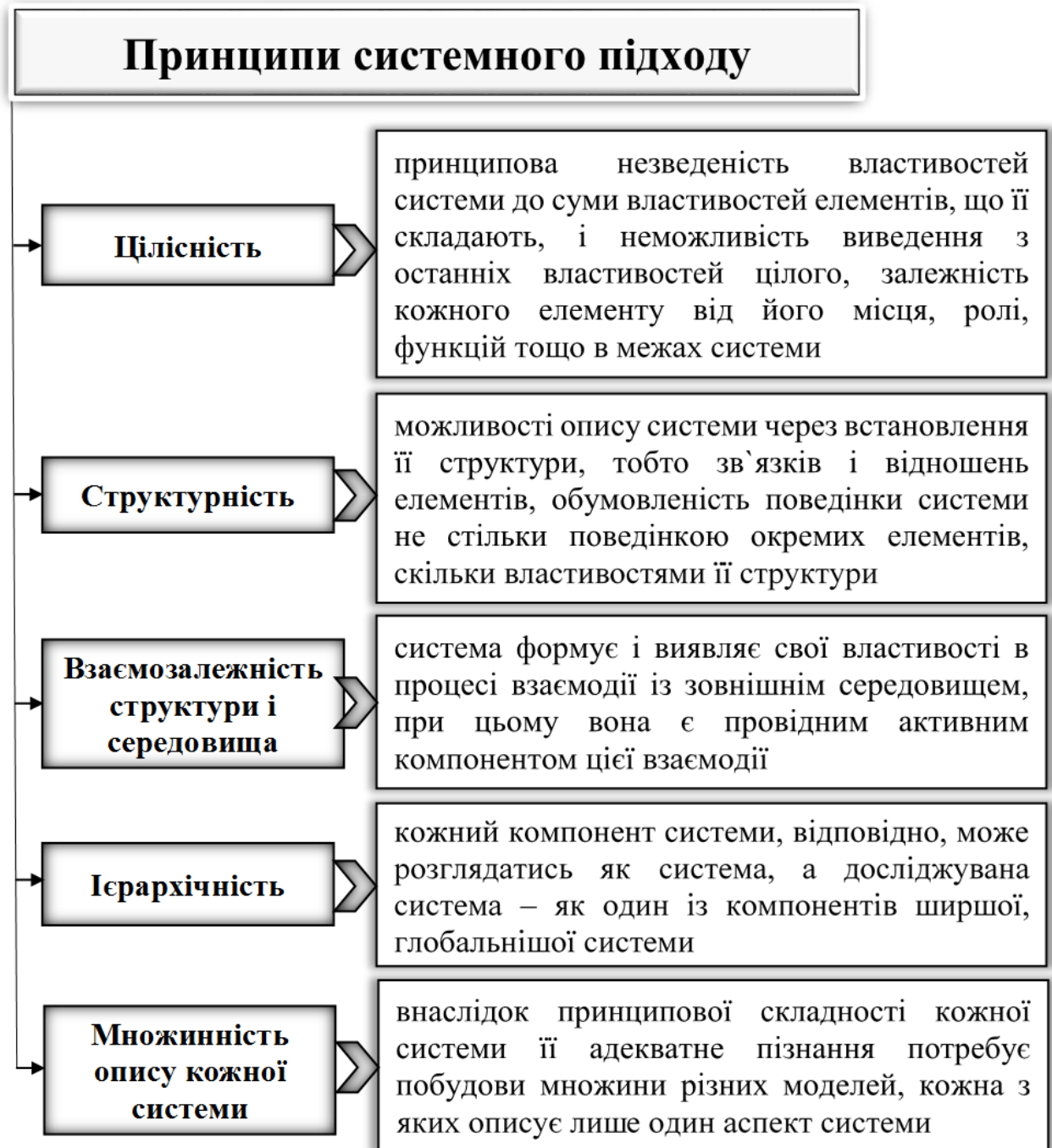


Рис. 5.4. Принципи системного підходу

Системи функціонують у певному зовнішньому середовищі. **Зовнішнє середовище** – це все те, що знаходиться зовні системи, поза її межами, включаючи необхідні умови для

існування та розвитку системи. Зовнішнє середовище складається із багатьох природних, суспільних, інформаційних, економічних, виробничих та інших факторів, які впливають на систему та й самі певною мірою перебувають під впливом цієї системи.

Система може взаємодіяти із середовищем через:

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

Взаємодія між системою та зовнішнім середовищем здійснюється за допомогою входів і виходів. ***Вхід системи*** – це дія на неї зовнішнього середовища. ***Вихід системи*** – це результат функціонування системи для досягнення певної мети або її реакція на вплив зовнішнього середовища. Загальна кількість взаємодій системи із зовнішнім середовищем дуже велика, тому на практиці та в процесі наукового дослідження обмежуються аналізом найсуттєвіших зв'язків, вибір яких визначається конкретними умовами управління тим чи іншим об'єктом. При дослідженні взаємодії системи із зовнішнім середовищем широко застосовується кібернетична ідея «чорної скриньки», запропонованої Н. Вінером (рис. 5.5).

Ця максимально спрощена модель відображає дві важливі властивості системи – цілісність і відокремленість від середовища. Однак, система не є ізольованою від зовнішнього середовища, а пов'язана з ним зв'язками, через які здійснює певний вплив, реалізуючи своє призначення, мету (виходи системи).

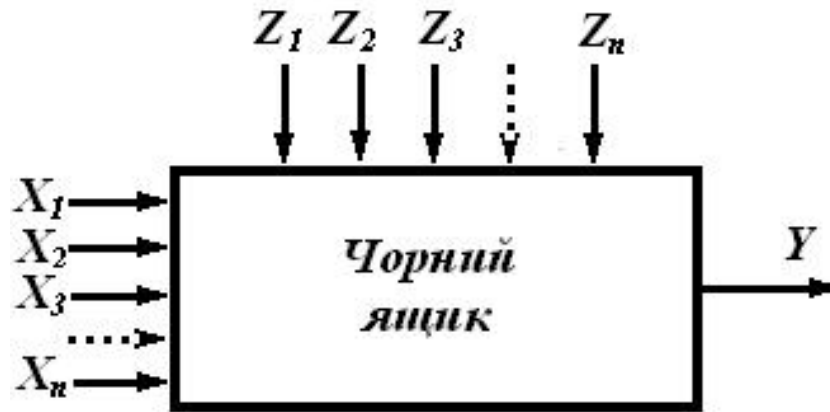


Рис. 5.5. Модель системи на основі принципу «чорна скринька»

Крім цього, повинні існувати зв'язки іншого типу, що забезпечують її використання, тобто дію на систему з боку середовища (входи системи). Назва «чорна скринька» образно підкреслює повну відсутність інформації про внутрішню будову системи; в цій моделі фіксуються лише входні та вихідні зв'язки із середовищем.

5.2.2 Класифікація систем

Класифікація систем передбачає їх поділ на матеріальні та абстрактні.

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

Абстрактні системи – розумово-зорові уявлення, зображення або моделі матеріальних систем, які поділяються на *логічні та символічні*.

Логічні системи є результатом дедуктивного або індуктивного представлення матеріальних систем. Їх можна розглядати як системи понять і визначень про структуру, стан та основні закономірності зміни стану матеріальних систем.

Символічні системи є формалізацією логічних систем. Вони поділяються на три класи:

1. Статичні математичні системи або моделі, котрі можна розглядати як опис засобами математичного апарату стану матеріальних систем;

2. Динамічні математичні системи або моделі, котрі можна розглядати як математичну формалізацію процесів розвитку матеріальних систем;

3. Квазістатистичні системи, що знаходяться в нестійкому положенні між статикою та динамікою і при одних впливах поведуть себе як статичні, а при інших – як динамічні.

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

1. **Великі системи (ВС)** – це системи, котрі не можна спостерігати одночасно з позиції одного спостерігача або в часі, або в просторі. У таких випадках система розглядається послідовно по частинах із поступовим переміщенням з нижчого на вищий рівень.

2. **Складні системи (СС)** – це системи, які не можна скомпонувати з певних підсистем. Це означає, що:

а) спостерігач послідовно змінює свою позицію стосовно об'єкта і спостерігає його з різних сторін;

б) різні спостерігачі досліджують об'єкт з різних сторін.

3. **Динамічні системи (ДС)** – це системи, котрі постійно змінюються. Будь-яка зміна, що відбувається в системі, називається *процесом*. Якщо система характеризується одним варіантом поведінки, її називають *детермінованою*.

Імовірнісна система – це система, поведінку якої можна передбачити з певним рівнем імовірності на основі дослідження її минулої поведінки.

Динамічні системи характеризуються наступними властивостями:

- рівновага – здатність повертатися до початкового стану, компенсуючи вплив зовнішнього середовища;

- самоорганізація – здатність відновлювати свою структуру або поведінку для компенсації зовнішнього середовища;

- інваріантність поведінки – те, що залишається в поведінці системи незмінним у будь-який відрізок часу.

4. **Кібернетичні або керуючі системи (КС)** – це системи, з допомогою яких досліджуються процеси управління в технічних, біологічних, економічних і соціальних системах. Центральним поняттям в цьому випадку є *інформація* як засіб впливу на поведінку системи.

5. **Цілеспрямовані системи (ЦС)** – це системи, які володіють цілеспрямованістю. Досягнення цілі у більшості випадків має ймовірнісний характер. За способом керування системи поділяються на: **керовані ззовні, самокеровані та з комбінованим керуванням**. У керованих ззовні системах керуючий блок знаходиться за межами системи; в системах із комбінованим керуванням управління здійснюється частково ззовні, а частково – в межах систем.

У теоретико-пізнавальному плані виокремлюють три можливі аспекти розгляду систем:

- 1) Система розглядається як взаємопов'язаний комплекс матеріальних об'єктів;
- 2) Система охоплює, з одного боку, набір матеріальних об'єктів, а з іншого – інформацію про їхній стан;
- 3) Система розглядається в інформаційному аспекті як комплекс відношень, зв'язків, інформації.

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

Підсистемою називають сукупність елементів, які об'єднані єдиним процесом функціонування та при взаємодії реалізують певну функцію чи операцію, що необхідні для досягнення поставленої перед системою мети.

Надсистемою називають систему вищого рівня ієрархії, ширшу, глобальну систему, в яку досліджувана входить як складова частина.

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

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

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

За наявністю інформації про способи досягнення виокремлюють:

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

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

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

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

Ще одним системотвірним фактором є наявність *рівноваги*, тобто здатності системи зберігати свій стан незмінним якомога довше. Під *стійкістю* розуміють здатність системи повертатись у стан рівноваги після виведення її з цього стану впливом зовнішніх факторів. Стан рівноваги, в який система здатна повертатись, називають *стійким станом рівноваги*.

5.2.3 Зв'язки (потоки). Види зв'язків

Зв'язок – це одна з категорій, що найчастіше застосовується в системному аналізі. Зв'язок (потік) є важливим, з точки зору дослідження або керування системою, обміном речовиною, енергією, інформацією між системою і зовнішнім середовищем, а також між елементами системи. Функції системи реалізуються через зв'язки, тобто через потоки енергії, людей, матеріальні та інформаційні. Структура ініціює потоки, спрямовуючи їх певними каналами, перетворює з певною затримкою в часі. Зв'язки, які необхідні для збереження структури, називаються підтримуючими, а ті, що є результатом функціонування системи, – потоками продукції. Зв'язок

між предметами (процесами, подіями, явищами) можна визначити наступним чином: два та більше об'єктів пов'язані, якщо за наявністю або відсутністю деяких властивостей в одних ми можемо робити висновки про їхню наявність або відсутність в інших. Ця властивість зв'язків й обумовлює особливу пізнавальну цінність їх виявлення. Дослідження зв'язків дає змогу пізнавати об'єкти не безпосередньо, а опосередковано, через інші об'єкти, що знаходяться з ними в тому чи іншому зв'язку.

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

Зворотні зв'язки є складною формою прояву причинної залежності і полягають у тім, що результат попередньої дії впливає на наступний перебіг процесу в системі, тобто причина підпадає під зворотний вплив наслідку. Якщо зворотний зв'язок підсилює результат впливу наслідку, то його називають позитивним, а якщо послаблює – негативним.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.4 Структура системи

Структура – це множина частин або форм, які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку, необхідному для реалізації певних функцій. Функція є первинною щодо структури і визначає останню. Структура системи – одна з основних категорій системного аналізу, що характеризує стійку впорядкованість у просторі і часі елементів системи та їх зв'язків.

Структура – стійке відображення взаємних відносин елементів цілісного об'єкта. Вихідними поняттями в аналізі структури об'єкта є поняття *форми і змісту*. З сучасної точки зору можна сказати, що форма – це структура змісту.

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

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

Структура системи може характеризуватись типами зв'язків, які в ній переважають. Найпростішими зв'язками є паралельні та послідовні. Залежно від характеру внутрішньої організації системи та зв'язків між елементами виокремлюються основні типи структур: лінійна, матрична, мережева, кістякова, ієрархічна, деревовидна.

5.2.5 Сутність методу моделювання

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

Моделювання є одним із способів пізнання, який полягає в заміні деякого об'єкта іншим об'єктом, який має подібні властивості. Тобто *метод моделювання* є одним із способів опосередкованого пізнання. Моделювання це завжди зіставлення відомого з невідомим за аналогією. Призначення методу моделювання представлено на рис. 5.6.

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

Модель – це представлення реального об'єкта, системи або поняття у вигляді, що відрізняється від його реального стану існування. Модель є провідною ланкою між дослідником та об'єктом, виконує функції заміника об'єкта та дозволяє отримати нові знання про цей об'єкт. Модель є джерелом інформації про об'єкт і допомагає пояснити, зрозуміти або

вдосконалити цей об'єкт. Модель може бути точною копією об'єкта (хоча виконана з іншого матеріалу та в іншому масштабі) або відображати деякі характерні властивості об'єкта в абстрактній формі.

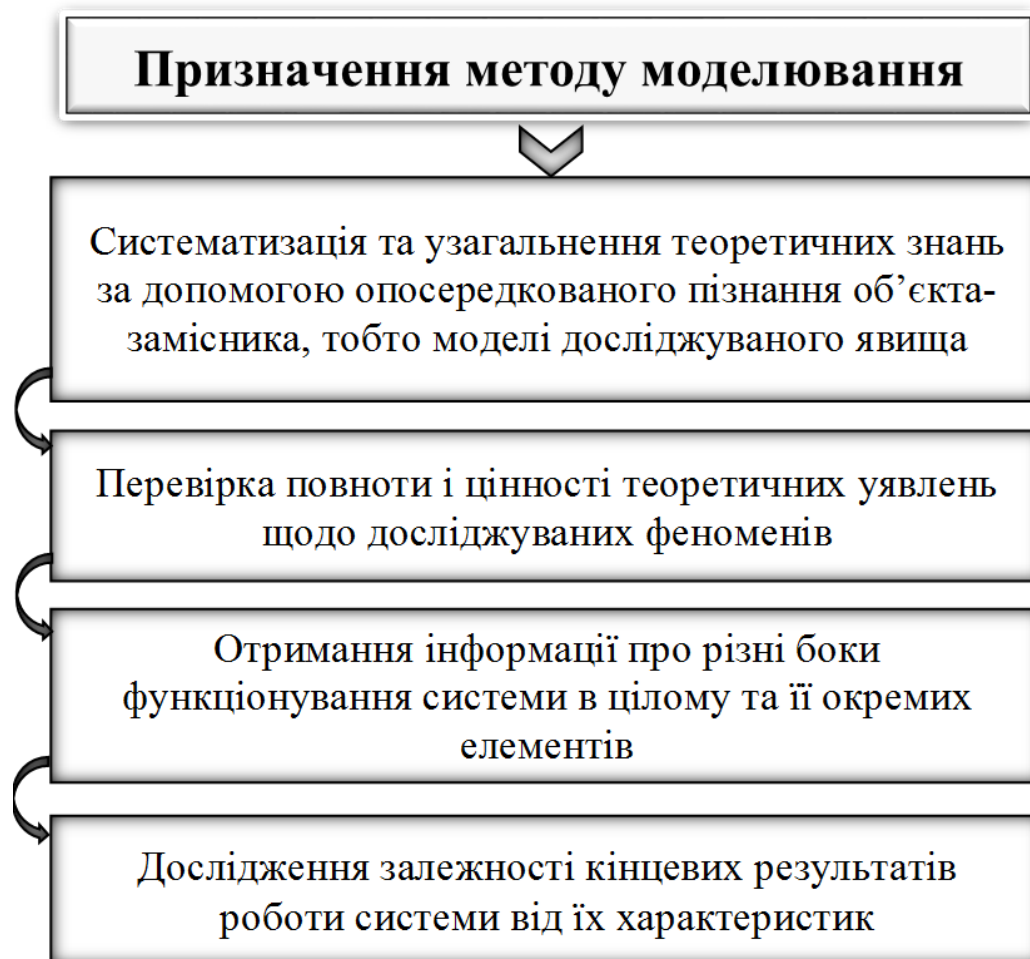


Рис. 5.6. Призначення методу моделювання

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

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

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

5.2.6 Основні функції та етапи побудови моделей систем

Основні функції моделей систем:

- пізнавальні;
- прагматичні.

Вони можуть використовуватися як *засоби*:

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

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

Основні властивості моделі:

- скінченність (повнота) – відображається скінченна кількість відношень елементів системи;
- складність (спрощеність) – виходить із необхідності оперування моделлю;
- точність (наближеність) по відношенню до реальної системи.

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

Використання моделей для навчання і тренування сприяє підвищенню ефективності та скороченню тривалості навчання. Імітація різноманітних практичних ситуацій на моделі, особливо проблемних і критичних, інформація про дії попередників підвищує якість освіти. Як засіб проведення наукового експерименту модель застосовується в тих випадках, коли проведення реального експерименту неможливе або недоцільне. Головні етапи процесу побудови моделі представлено на рис. 5.7.

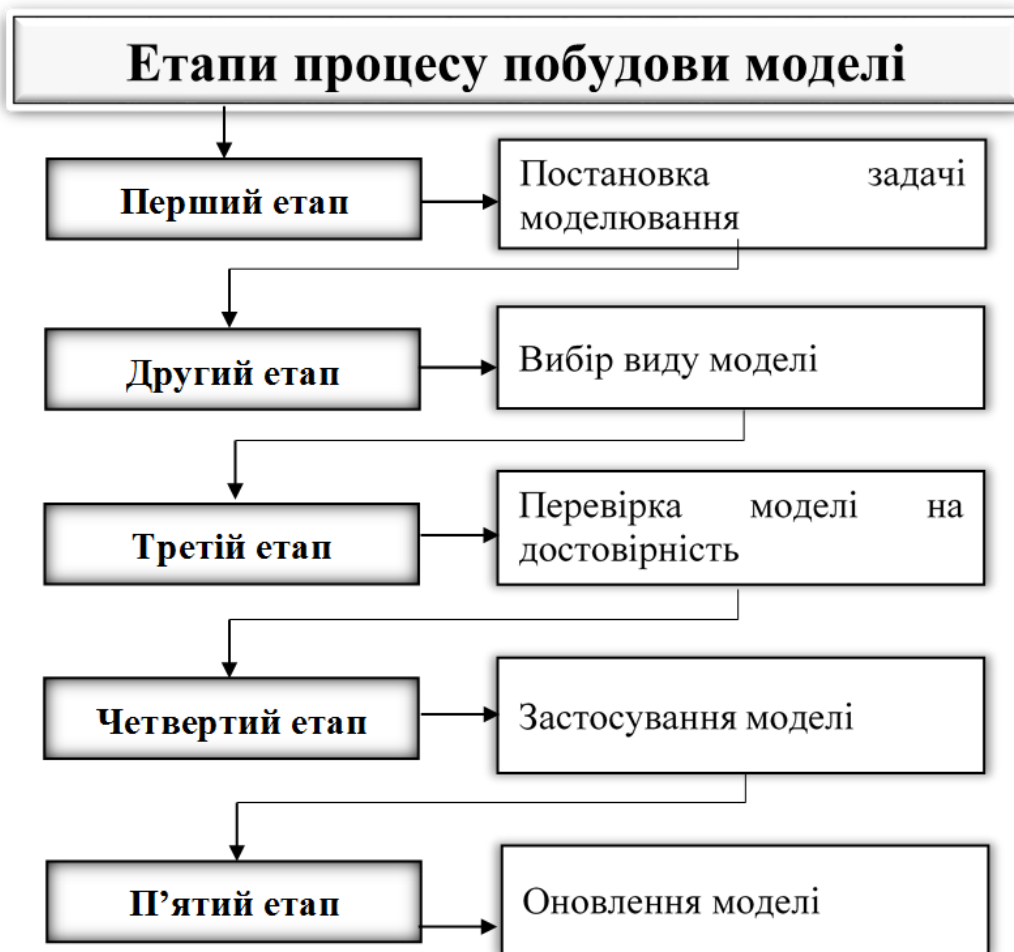


Рис. 5.7. Етапи процесу побудови моделі

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

Стратифікація системи – процес поділу системи на рівні, що характеризують різні аспекти її функціонування.

На кожній страті в ієрархії структур є власний набір змінних, які дають змогу обмежитися лише дослідженням одного аспекту системи, однієї страти. Найпростіша модель системи – *модель «чорної скриньки»*, в якій акцент робиться на функціях і поведінці системи, а про її будову є лише опосередкована інформація, що відображається у зв'язках із зовнішнім середовищем. Зв'язки із середовищем, які йдуть у систему (входи), дають можливість впливати на неї, використовувати її як засіб, а зв'язки, що йдуть із системи (виходи), є результатами її функціонування, які або впливають на зміни в середовищі, або споживаються зовні системи. Рівні дослідження та моделювання систем приведено на рис. 5.8.



Рис. 5.8. Рівні дослідження та моделювання систем

5.2.7 Класифікація моделей та методів математичного моделювання

Для того щоб визначити види моделей, перш за все, потрібно вказати ознаки класифікації. Якщо враховувати, що моделювання – це метод пізнання дійсності, то основною ознакою класифікації можна назвати спосіб подання моделі. За цією ознакою розрізняють абстрактні і реальні моделі (рис. 5.9).

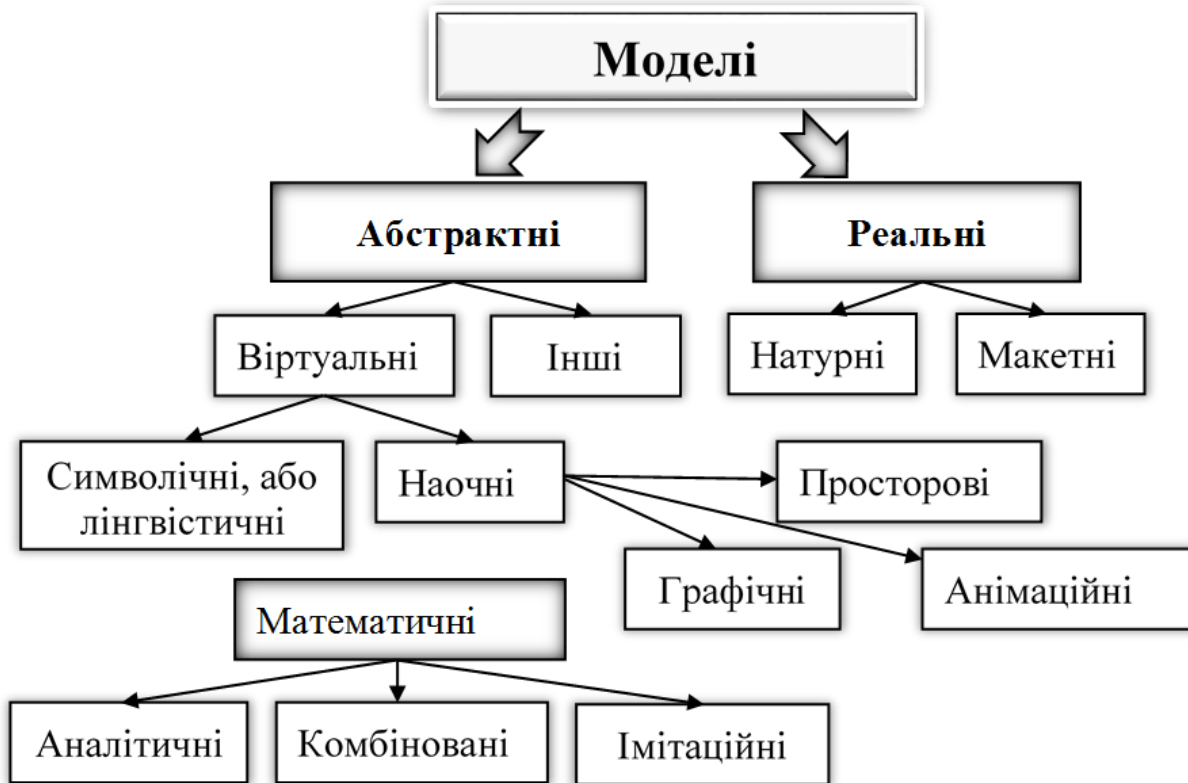


Рис. 5.9. Основні типи моделей

Основними класифікаційними ознаками моделей є:

- акценти дослідження системи;
- властивості областей зміни параметрів та змінних;
- спосіб опису невизначеності;
- урахування інерційності;
- спосіб задавання відношень між параметрами та змінними;
- призначення;
- форма представлення властивостей системи.

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

Наочні моделі залежно від способу реалізації можна поділити на дво- або тривимірні графічні, анімаційні і просторові. Графічні й анімаційні моделі широко використовуються для відображення процесів, які відбуваються в моделюваній системі. Графічні моделі застосовуються в системах автоматизованого проектування (computer-aided design, CA).

Для відтворення тривимірних моделей за допомогою комп'ютера існує багато графічних пакетів, найбільш поширені з яких: Corel DRAW, 3D Studio Max і Maya. Графічні моделі є базою всіх комп'ютерних ігор, а також застосовуються під час імітаційного моделювання для анімації.

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

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

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

Для аналітичної моделі характерно те, що процеси функціонування елементів системи записуються у вигляді деяких функціональних співвідношень (алгебри, інтегрально-диференціальних, кінцево-різницевих тощо) або логічних

умов. Аналітична модель може бути досліджена такими методами:

а) *аналітичним*, коли прагнуть отримати в загальному вигляді явні залежності для шуканих характеристик;

б) *чисельним*, коли, не вміючи розв'язувати рівняння в загальному вигляді, прагнуть отримати числові результати при конкретних початкових даних;

в) *якісним*, коли, не маючи розв'язку в явному вигляді, можна знайти деякі властивості розв'язку (наприклад, оцінити сталість розв'язку).

Якнайповніше дослідження процесу функціонування системи можна провести, якщо відомі явні залежності, що пов'язують шукані характеристики з початковими умовами, параметрами і змінними системи S.

Проте такі залежності вдається отримати тільки для порівняно простих систем. При ускладненні систем дослідження їх аналітичним методом наштовхується на значні труднощі, які часто бувають нездоланими.

Тому, бажаючи використовувати аналітичний метод, у цьому випадку йдуть на суттєве спрощення початкової моделі, аби мати можливість вивчити хоча б загальні властивості системи. Таке дослідження на спрощеній моделі аналітичним методом допомагає отримати орієнтовні результати для визначення точніших оцінок іншими методами. Чисельний метод дозволяє досліджувати порівняно з аналітичним методом ширший клас систем, але при цьому отримані розв'язки носять приватний характер.

Чисельний метод особливо ефективний при використанні комп'ютерів.

В окремих випадках дослідника системи можуть задовольнити і ті висновки, які можна зробити при використанні якісного методу аналізу математичної моделі. Такі якісні методи широко використовуються, наприклад, в теорії автоматичного управління для оцінки ефективності різних варіантів систем управління.

В імітаційній моделі відтворюється процес функціонування системи S у часі, причому імітуються елементарні явища, що складають процес, із збереженням їх логічної структури і послідовності протікання в часі, що дозволяє за початковими даними отримати зведення про стани процесу в певні моменти часу, які дають можливість оцінити характеристики системи S .

Основною перевагою використання імітаційних моделей порівняно з аналітичними моделями є можливість розв'язання складніших задач.

Імітаційні моделі дозволяють досить просто врахувати такі фактори, як наявність дискретних і безперервних елементів, нелінійні характеристики елементів системи, численні випадкові дії тощо, які часто створюють труднощі при аналітичних дослідженнях. Нині імітаційне моделювання – найбільш ефективний метод дослідження великих систем, а часто і єдиний практично доступний метод отримання інформації про поведінку системи, особливо на етапі її проектування.

Коли результати, отримані при відтворенні на імітаційній моделі процесу функціонування системи S , є реалізаціями випадкових величин і функцій, тоді для знаходження характеристик процесу потрібне його багаторазове відтворення з подальшою статистичною обробкою інформації і доцільно як метод машинної реалізації імітаційної моделі використовувати метод статистичного моделювання. Спочатку був розроблений метод статистичних випробувань, що є чисельним методом, який застосовувався для моделювання випадкових величин і функцій, імовірнісні характеристики яких співпадали з розв'язками аналітичних задач (така процедура отримала назву метода Монте-Карло). Потім цей прийом почали застосовувати і для машинної імітації з метою дослідження характеристик процесів функціонування систем, схильних до випадкових дій, тобто з'явився метод статистичного моделювання.

Таким чином, методом статистичного моделювання надалі називатимемо метод машинної реалізації імітаційної моделі, а методом статистичних випробувань (Монте-Карло) називатимемо чисельний метод розв'язання аналітичних задач.

Метод імітаційного моделювання дозволяє розв'язувати задачі аналізу великих систем S , включаючи задачі оцінки: варіантів структури системи, ефективності різних алгоритмів управління системою, впливу зміни різних параметрів системи. Імітаційне моделювання може бути покладене також в основу структурного, алгоритмічного і параметричного синтезу великих систем, коли потрібно створити систему із заданими характеристиками при певних обмеженнях, яка є оптимальною за деякими критеріями оцінки ефективності.

Використання комбінованих (аналітико-імітаційних) моделей при аналізі і синтезі систем дозволяє об'єднати переваги аналітичних й імітаційних моделей. При побудові комбінованих моделей проводиться попередня декомпозиція процесу функціонування об'єкта на складові підпроцеси, і для тих з них, де це можливо, використовуються аналітичні моделі, а для решти підпроцесів будуються імітаційні моделі. Такий комбінований підхід дозволяє охопити якісно нові класи систем, які не можуть бути досліджені з використанням тільки аналітичного й імітаційного моделювання окремо.

На відміну від абстрактних, реальні моделі існують у природі, і з ними можна експериментувати. Реальні моделі – це такі моделі, в яких хоча б один компонент є фізичною копією реального об'єкта. Залежно від того, в якому співвідношенні перебувають властивості системи і моделі, реальні моделі можна поділити на *натурні* і *макетні*.

Натурні (фізичні) моделі – це існуючі системи (або їх частини), на яких ведуться дослідження. Натурні моделі повністю адекватні реальній системі, що дає можливість

отримувати високу точність і достовірність результатів моделювання. Істотні недоліки натурних моделей – це неможливість моделювання критичних й аварійних режимів їх роботи і висока вартість.

Макетні моделі – це реально існуючі моделі, що відтворюють модельовану систему в певному масштабі. Іноді такі моделі називаються масштабними. Параметри моделі і системи відрізняються між собою. Числове значення цієї відмінності називається *масштабом моделювання*, або *коефіцієнтом схожості*. Ці моделі розглядаються в рамках теорії схожості, яка в окремих випадках передбачає геометричну схожість оригіналу і моделі для відповідних масштабів параметрів. Прості макетні моделі – це пропорційно зменшені копії існуючих систем, які відтворюють основні властивості системи або об'єкта залежно від мети моделювання.

Макетні моделі широко використовуються під час вивчення фізичних та аеродинамічних процесів, гідротехнічних споруд і багатьох інших технічних систем.

Залежно від можливості змінювати в часі свої властивості моделі поділяються на *статичні* і *динамічні*. Статичні моделі, на відміну від динамічних, не змінюють своїх властивостей в часі. Динамічні моделі, як правило, є імітаційними.

Залежно від того, яким чином відтворюються в часі стани моделі, розрізняють *дискретні*, *неперервні* і *дискретно-неперервні* (комбіновані) моделі.

Відповідно до співвідношень між станами системи і моделі розрізняють *детерміновані* і *стохастичні* моделі. Останні, на відміну від детермінованих моделей, враховують імовірнісні явища і процеси, що відбуваються в системі.

За ступенем визначеності:

- детерміновані моделі, для яких характерним є те, що при певних значеннях вхідних параметрів на виході можна отримати лише один результат;

- стохастичні моделі, в яких змінні, параметри та умови функціонування, стан системи є випадковими величинами та пов'язані стохастичними залежностями;

- невизначені моделі, в яких розподіл ймовірностей певних параметрів може або взагалі не існувати, або ж бути невідомим.

За закономірностями зміни своїх параметрів:

- *дискретні*, для яких характерно, що множини припустимих значень вхідних і вихідних параметрів є дискретними;

- *неперервні*, у яких всі змінні та параметри – неперервні.

- *дискретно–неперервні*.

За фактором часу:

- *статичні* – всі параметри та залежності співвіднесено до одного моменту часу, тобто в явному вигляді відсутня залежність від часу;

- *динамічні* – значення параметрів явно залежать від часу.

Процес зміни станів називається ***рухом системи***. Розрізняють два основних типи динамічних систем:

- з дискретними станами (безліч станів чи обмежена їх кількість);

- з безперервно змінюваною безліччю станів.

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

Для такої ідентифікації обов'язково потрібно знати ту ознаку, що відрізняє один стан системи від іншого. Наприклад, при дослідженні систем масового обслуговування в якості такої ознаки, зазвичай, використовують кількість заявок у системі. Відповідно, зміна числа заявок у системі інтерпретується як перехід системи в новий стан.

Якщо ж не вдається підібрати таку ознаку або її поточне значення неможливо зафіксувати, то систему відносять до класу з безперервно змінюваною безліччю станів. Прикладом безперервно змінюваної безлічі станів може слугувати зміна форми падаючої краплі води.

На практиці можливі також змішані випадки, коли деякі стани системи можуть бути ідентифіковані як дискретні, а інші – як безперервні; наприклад, у «житті» тієї ж краплі води, що утвориться в нещільно закритому крані, можна виділити як дискретні стани («висить» – «летить» – «упала»), так і неперервні (зміна форми під час падіння).

Зміна станів може відбуватися або у фіксовані моменти часу, безліч яких дискретна (наприклад, надходження нових заявок на обслуговування), або неперервна (зміна температури тіла при нагріванні). Відповідно до цього розрізняють системи з дискретним часом переходів (зміни станів) і системи з неперервним часом (точніше, «що живуть» у неперервному часі).

Залежно від засобів опису та оцінки:

- *дескриптивні* – не використовуються визначені критерії ефективності функціонування системи, тому з їх допомогою лише описується та аналізується її поведінка;

- *нормативні* – характеризують норму функціонування системи і використовуються в процесі прийняття управлінських рішень, при проектуванні систем.

За природою моделі:

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

Цілеспрямована поведінка людини ґрунтується на формуванні цільової ситуації та мисленого перетворення фактичної ситуації в цільову. Основою побудови ситуаційної моделі є опис об'єкта у вигляді сукупності елементів, що пов'язані між собою певними відношеннями, які відбивають семантику предметної галузі. Модель об'єкта має багаторівневу структуру і являє собою інформаційний контекст, на тлі якого здійснюються процеси управління.

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

Концептуальна (змістовна) модель – це абстрактна модель, що визначає структуру модельованої системи, властивості її елементів і причинно-наслідкові зв'язки, властиві системі й істотні для досягнення мети моделювання. Фактично – це формалізований опис досліджуваної системи, що складається з тексту, блок-схеми, таблиць, графіків й іншого ілюстративного матеріалу.

Математична модель – це сукупність математичних співвідношень, що пов'язують вихідні характеристики стану фізичного об'єкта з вхідною інформацією, початковими даними, обмеженнями, що накладаються на функціонування об'єкта.

Математична модель знаходиться у певній відповідності з фізичним об'єктом і здатна замінити його з тією метою, щоб вивчення та дослідження моделі давало нову інформацію про поведінку об'єкта (механізм протікання процесів, динаміку, поведінку об'єкта як в минулому, так і в майбутньому тощо). Математичні моделі можуть бути класифіковані за рядом ознак, у відповідності з якими і вибирається математичний апарат, покликаний слугувати мовою опису властивостей, структури і поводження оригіналу.

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

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

При *імітаційному моделюванні* використовується математична модель відтворює алгоритм («логіку») функціонування досліджуваної системи в часі при різних поєднаннях значень параметрів системи і зовнішнього середовища.

Побудова імітаційної моделі не вимагає обов'язкового повного (строного) математичного опису реальної системи чи процесу. Широко застосовуються чисельні методи, що дозволяють за допомогою ЕОМ досить швидко наближено проаналізувати складну нелінійну систему, аналітичне розв'язування якої принципово неможливе.

За способом задавання відношень між параметрами та змінними:

- *лінійні* – описують прості системи;
- *нелінійні* – володіють властивістю синергізму.

Для вивчення внутрішньої структури системи використовують:

- *моделі складу* – відображають, з яких елементів і підсистем складається система;
- *моделі структури* – відображають відношення між елементами та зв'язки між ними.

Для прогнозування використовуються так звані прогностичні моделі, що дають змогу передбачити поведінку системи в майбутньому на основі інформації про її ретроспективу.

Залежно від форми подання об'єкта моделювання поділяють на:

- *реальне*
- *абстрактне.*

При *реальному моделюванні* використовують можливість дослідження характеристик на реальному об'єкті чи на його частині.

Реальні (натурні, аналогові) моделі є об'єктами, що існують реально і створюються із реальних матеріалів.

Такі моделі припускають, зазвичай, дійсне відтворення досліджуваного об'єкта і можуть бути:

- *геометрично подібні* йому (наприклад, зменшені копії);
- *фізично подібні* (відтворюються фізичні процеси, що вивчаються, їх кінетика та динаміка, різного виду зв'язки);
- *математично подібні* (наприклад, аналогові моделі побудовані на основі електромагнітних та електроакустичних аналогій, макет при проектуванні нового літака, що має ті ж аеродинамічні властивості; при плануванні забудови архітектори виготовляють макет, що відбиває просторове розташування її елементів ландшафту тощо). У зв'язку з цим натурне моделювання називають також *макетуванням*.

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

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

Абстрактне моделювання має види: *наочне, символічне, математичне*. Предметні (матеріальні) моделі функціонують за законами свого буття, незалежно від того, чи створена ця модель природою або ж сконструйована людиною. Так, сучасні комп'ютери, що використовуються, як засоби моделювання, є матеріальними моделями, оскільки вони функціонують на основі механічних, електричних і інших фізичних законів світу.

Знакові (ідеальні) моделі, створені людиною в процесі наукового дослідження, а також втілюються у визначену матеріальну форму у вигляді різного роду карт, схем, графіків, формул тощо.

Ідеальні (знакові) моделі – це абстрактні описи того чи іншого об'єкта або явища реального світу, що дозволяють аналізувати його властивості.

Переваги ідеальних моделей полягають у тому, що вони дозволяють порівняно простими та недорогими засобами

аналізувати поведінку систем та передбачати характер їх поведінки при внесенні в систему тих чи інших змін. Ідеальні (знакові) моделі мають більше можливостей, ніж реальні, тому що майже не пов'язані технічними обмеженнями їх створення.

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

Символьне моделювання являє собою штучний процес створення об'єкта, який замінює реальний та виражає основні його властивості через певну систему знаків та символів.

Символьне моделювання поділяється в свою чергу, на *мовне* та *знакове*. В основі мовного моделювання лежить певний *тезаурус*, який утворюється із набору вхідних понять, причому цей набір має бути фіксованим.

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

За способом відображення реальних явищ, які відбуваються в об'єкті, моделювання поділяється на:

- фізичне, що тільки зберігає фізичну природу явища;
- математичне, основою якого є відповідність рівнянь, які описують процеси моделі, реаліям досліджуваного явища;
- геометричне, за якого відображаються тільки зовнішні форми.

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

Математичне моделювання дає змогу отримати характеристики реального об'єкта чи системи. Математична модель системи містить, як правило, опис множини можливих

станів системи та закон переходу з одного стану в інший. Математичне моделювання охоплює імітаційне, інформаційне, структурне, ситуаційне тощо.

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

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

Інформаційне (кібернетичне) моделювання використовують для побудови моделей, для яких відсутні безпосередні аналоги фізичних процесів. У такому разі намагаються відобразити лише деяку функцію і розглядають об'єкт як «чорну скриньку», який має певну кількість входів та виходів. У такий спосіб моделюють тільки окремі зв'язки між входами та виходами.

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

Структурне моделювання базується на специфічних особливостях структур певного вигляду які використовують як засіб дослідження систем або для розроблення на їх основі із застосуванням інших методів формалізованого опису систем (теоретико-множинних, лінгвістичних) специфічних підходів до моделювання.

Структурне моделювання включає: методи *сітьового моделювання*; *структурний підхід до формалізації структур різних типів* (ієрархічних, матричних) на основі теоретико-множинного їх подання та поняття номінальної шкали теорії вимірювання; *поєднання методів структуризації з лінгвістичними*.

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

Розглянута схема класифікації систем моделювання важлива сама по собі. На етапі розробки концептуальної моделі вона, по-перше, дозволяє уточнити мету і задачі моделювання і, по-друге, полегшує перехід до етапу формалізації моделі. Крім того, значно пізніше, на етапі оцінювання якості розробленої моделі, знання класифікаційних ознак дає можливість оцінити ступінь її відповідності первинному задуму розробника.

Необхідно відзначити, що розглянуті класифікаційні ознаки застосовні і для визначення типу моделі, що створюється. При цьому досліджувана система і її модель можуть відноситися як до одного, так і до різних класів. Наприклад, реальна система може бути піддана впливу випадкових факторів і, відповідно, буде відноситися до класу стохастичних систем.

Якщо розробник моделі вважає, що впливом цих факторів можна знехтувати, то створювана модель буде являти собою детерміновану систему. Аналогічним чином можливе відображення системи з неперервним часом зміни станів у модель з дискретними переходами тощо. Зрозуміло, приналежність реальної системи і її моделі до одного класу говорить

про коректність моделі, однак, з погляду інтересів дослідження, таке «дзеркальне відображення» далеко не завжди є корисним.

Вимоги до моделей

У загальному випадку під час побудови моделі потрібно враховувати такі вимоги:

– *незалежність результатів* розв’язання задач від конкретної фізичної інтерпретації елементів моделі;

– *змістовність*, тобто здатність моделі відображати важливі риси і властивості реального процесу, який вивчається і моделюється;

– *дедуктивність*, тобто можливість конструктивного використання моделі для отримання результату (управління, прогнозування);

– *індуктивність* – вивчення причин і наслідків, від окремого до загального, з метою накопичення необхідних знань.

Оскільки модель створюється для вирішення конкретних завдань, розробник моделі має бути впевнений, що не отримає абсурдних результатів, а всі отримані результати відображатимуть необхідні для дослідника характеристики і властивості модельованої системи. Модель повинна дати можливість знайти відповіді на певні питання, наприклад: «*що буде, якщо ...*», оскільки вони є найбільш доцільними під час глибокого вивчення проблеми.

Не слід забувати, що системні аналітики використовують модель для прийняття рішень і пошуку якнайкращих способів створення модельованої системи або її модернізації. Завжди потрібно пам’ятати, що користувачем інформації, отриманої за допомогою моделі, є замовник. Недоцільно розробляти модель, якщо її не можна буде використовувати. Більш того, робота з моделлю повинна бути автоматизована для замовника до такої міри, щоб він міг працювати з нею в межах своєї предметної області. Таким чином, між моделлю і користувачем має бути реалізований розвинений інтерфейс,

який зазвичай створюється за допомогою системи меню, налаштованої на використання моделі в певній області.

Ступінь деталізації моделі потрібно вибирати з урахуванням цілей моделювання, можливості отримання необхідних вхідних даних для моделі і враховуючи наявні ресурси для її створення. Відсутність кваліфікованих фахівців може звести роботи зі створення моделі нанівець.

З іншого боку, чим детальніше розроблена модель, тим вона стійкіша до вхідних впливів, які не були передбачені під час проєктування, і на більшу кількість питань може дати правильні відповіді.

Співвідношення між моделлю та системою

Модель і система перебувають у певних співвідношеннях, від яких залежить ступінь відповідності між ними. На міру відповідності між системою і моделлю вказують поняття ізоморфізму і гомоморфізму.

Система і модель є ізоморфними, якщо існує взаємно однозначна відповідність між ними, завдяки якій можна перетворити одне подання на інше.

Строго доведений ізоморфізм для систем різної природи дає можливість переносити знання з однієї області в іншу. За допомогою теорії ізоморфізму можна не тільки створювати моделі систем і процесів, але й організовувати процес моделювання.

Однак існують і менш тісні зв'язки між системою та моделлю. Це так звані гомоморфні зв'язки, які визначають однозначну відповідність лише в один бік – від моделі до системи. Система і модель є ізоморфними тільки у разі спрощення системи, тобто скорочення множини її властивостей (атрибутів) і характеристик поведінки, які впливають на простір станів системи.

Станом динамічної системи (моделі) в деякий момент часу t називається множина значень всіх її параметрів (змінних), виміряних одночасно у цей момент. При зміні значення

хоча б одного параметра системи в наступний момент часу говорять, що стан системи змінився.

Стан системи зручно розглядати як точку в багатовимірному просторі.

Множина всіх можливих станів системи називається простором станів системи.

Зазвичай модель є більш простою, ніж система. На рис. 5.10 схематично зображена відмінність ізоморфної і гомоморфної залежностей між системою і моделлю для просторових станів системи Z_s і моделі Z_m .

Множину станів моделі Z_m визначають, враховуючи мету моделювання і вибраний рівень абстрактного опису. Отже, *аналогія, абстракція і спрощення* – це основні поняття, які використовуються при моделюванні систем. Розглянемо відношення між системою і моделлю, враховуючи, що ці відношення відповідають цілям моделювання й обмеженням досліджуваної системи (рис. 5.10).

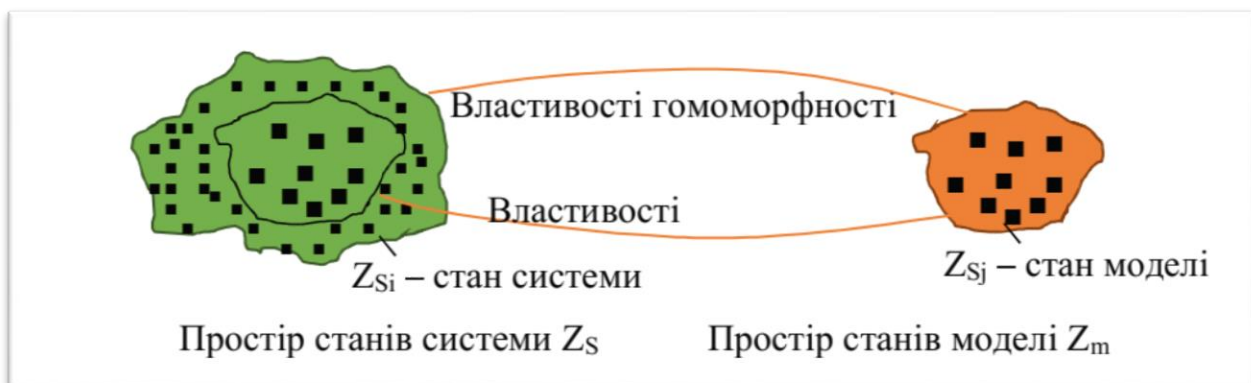


Рис. 5.10. Схематичне зображення співвідношення між системою і моделлю

При використанні поняття множини можливих станів системи Z_s і моделі Z_m розрізняють такі типи відношень.

Детерміновані відношення, коли стан системи однозначно визначає стан моделі і навпаки:

$$P(Z_m = Z_{mj} | Z_s = Z_{si}) = P(Z_s = Z_{si} | Z_m = Z_{mj}) = 0 \vee 1$$

де P – ймовірність; Z_{si}, Z_{mj} – конкретні стани відповідно системи і моделі для скінченної множини значень i, j .

У цьому випадку розглядається детермінована дискретна модель зі скінченною множиною можливих станів. Прикладом реалізації такої моделі може бути скінченний автомат або мережа Петрі.

Імовірнісні відношення зі скінченною множиною станів. У цьому випадку стан системи однозначно визначає стан моделі, але стан моделі визначає стан системи лише з деякою ймовірністю. Вказані відношення для конкретних станів Z_{si}, Z_{mj} можна записати у такому вигляді:

$$\begin{aligned} P(Z_m = Z_{mj} | Z_s = Z_{si}) &= 0 \vee 1 \\ P(Z_s = Z_{si} | Z_m = Z_{mj}) &\leq 1 \end{aligned}$$

тобто розглядається дискретна стохастична модель зі скінченною множиною можливих станів. Прикладом реалізації подібної моделі може бути імовірнісний автомат.

Імовірнісні відношення з нескінченною множиною станів, коли стани системи і моделі визначають стани один одного лише з деякою ймовірністю:

$$\begin{aligned} P(Z_m = Z_{mj} | Z_s = Z_{si}) &\leq 1 \\ P(Z_s = Z_{si} | Z_m = Z_{mj}) &\leq 1 \end{aligned}$$

Це так звані стохастичні моделі, до яких, наприклад, належать марківські моделі (ланцюги Маркова) і моделі систем масового обслуговування.

5.3 Методика експериментальних досліджень

5.3.1 Сутність експерименту, загальні вимоги до проведення

Однією з важливих складових наукових досліджень є *експеримент*. Термін «експеримент» походить від. лат. *experimentum* – спроба, дослід і вживається для позначення низки споріднених понять: *дослід, цілеспрямоване спостереження, відтворення об'єкта дослідження, організація особливих умов його існування, перевірка передбачень*. Отже, поняття «експеримент» означає проведення у визначених умовах серії дослідів для спостереження за станом об'єкта дослідження, які дозволяють стежити за його змінами і відтворювати їх кожний раз під час повторення дослідів.

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

Загальні вимоги до проведення експерименту

При проведенні експерименту потрібно дотримуватися таких загальних вимог:

- об'єкт дослідження повинен допускати можливість опису системи змінних, що визначають його функціонування;
- потрібно мати можливість проведення якісних та кількісних вимірів факторів, які впливають на об'єкт дослідження, зміну його стану або поведінки під час експерименту;
- опис об'єкта експериментального дослідження потрібно проводити в системі його складових;
- потрібне обов'язкове визначення та опис умов існування об'єкта дослідження (галузь, тип виробництва, умови праці тощо);

- потрібно мати чітко сформульовану експериментальну гіпотезу про наявність причинно-наслідкових зв'язків;
- необхідне предметне визначення понять сформульованої гіпотези експерименту;
- потрібне обґрунтоване виділення незалежної та залежної змінних;
- потрібний обов'язковий опис специфічних умов діяльності об'єкта дослідження (місце, час, соціально-економічна ситуація тощо).

Типові помилки в проведенні експерименту

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

5.3.2 Класифікація експериментів

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

- **За характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження:**

речовинні, енергетичні, інформаційні.

- **Речовинний експеримент** передбачає вивчення впливу різних речовинних факторів на стан об'єкта дослідження, наприклад, вплив різних домішок на якість сталі.

- **Енергетичний експеримент** використовується для вивчення впливу різних видів енергії (електромагнітної, механічної, теплової тощо) на об'єкт дослідження.

- **Інформаційний експеримент** використовується для вивчення впливу інформації на об'єкт дослідження.

- **За характером об'єктів та явищ, що вивчаються в експерименті:**

технологічні, соціометричні тощо.

- **Технологічний експеримент** спрямований на вивчення елементів технологічного процесу (продукції, обладнання, діяльності робітників тощо) або процесу в цілому.

- **Соціометричний експеримент** використовується для вимірювання існуючих міжособистісних соціально-психологічних відносин у малих групах з метою їх подальшої зміни.

- **За структурою об'єктів та явищ, що вивчаються в експерименті:**

прості та складні.

- **Простий експеримент** використовується для вивчення простих об'єктів, які мають у своєму складі

невелику кількість взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують прості функції.

- У **складному експерименті** вивчаються явища або об'єкти з розгалуженою структурою та великою кількістю взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують складні функції.

• **За способом формування умов проведення експерименту:**

природні та штучні.

- **Природні експерименти** характерні для біологічних, соціальних, педагогічних, психологічних наук, наприклад, при вивченні соціальних явищ (соціальний експеримент) в обставинах, наприклад, виробництва, побуту тощо.

- **Штучні експерименти** широко використовуються в багатьох природничо-наукових або технічних дослідженнях. У цьому випадку вивчаються явища, що ізольовані до потрібного стану, для того щоб оцінити їх в кількісному та якісному відношеннях.

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

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

- **Натурний експеримент** проводиться в природних умовах та на реальних об'єктах. Залежно від місця проведення натурні експерименти поділяють на виробничі, польові, полігонні тощо.

Експерименти можуть бути **відкритими та закритими**. Такі типи експериментів значно поширені в психології, соціології, педагогіці. У відкритому експерименті його завдання відкрито пояснюються тим, хто досліджується, у закритому – для одержання об'єктивних даних завдання експерименту приховуються.

• **За характером взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження: звичайні та модельні.**

- **Звичайний (класичний) експеримент** включає експериментатора, об'єкт або предмет експериментального дослідження та засоби, за допомогою яких проводиться експеримент.
- **Модельний експеримент** базується на використанні як об'єкта, що досліджується, моделі, яка може не тільки заміщувати в дослідженні реальний об'єкт, але і умови, в яких він вивчається.

• **За типом моделей, що досліджуються в експерименті: матеріальні та розумові.**

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

• **За величинами, що контролюються в експерименті: пасивні та активні.**

- **Активним** називають експеримент, під час виконання якого дослідник може, за своїм бажанням, змінити рівень факторів і активно втручатись в процес дослідження. У цих умовах дослідник може планувати як однофакторний, так і багатофакторний експеримент.
- **Пасивним** називають експеримент, яким неможливо керувати. Умови проведення такого експерименту змінюються без участі дослідника. Постаново-

вка такого експерименту є простою, але точність результатів набагато нижча порівняно з активним експериментом. Рекомендації, розроблені на основі пасивного експерименту, мають значення тільки для умов його проведення.

- **За способом формування умов** – лабораторні, виробничі.
- **За метою дослідження** – перетворюючі, констатуючі, контролюючі, пошукові, вирішальні;
 - **Перетворюючий (творчий) експеримент** включає активну зміну структури та функцій об'єкта дослідження у відповідності до висунутої гіпотези, формування нових зв'язків та відносин між компонентами об'єкта або між досліджуваним об'єктом та іншими об'єктами.
 - **Констатуючий експеримент** використовується для перевірки відповідних передбачень. В процесі такого експерименту констатується наявність визначеного зв'язку між впливом на об'єкт дослідження та результатом.
 - **Контролюючий експеримент** зводиться до контролю за результатами зовнішніх впливів на об'єкт дослідження з урахуванням його стану, характеру впливу та ефекту, що очікується.
- **За характером взаємодії засобів дослідження з об'єктом дослідження** – натуральні або змодельовані.
- **За типом моделей, які досліджуються в експерименті**, – реальні або віртуальні (у думках та на ЕОМ).
- **За числом факторів, що варіюються в експерименті: однофакторні та багатфакторні.**

Величини, що діють на об'єкт дослідження і здатні змінити його стан, називають **факторами**. Фактори бувають змінними, сталими і некерованими. *Змінним фактором* ($x_i, i=1, n$) називають контрольовану (вимірювану) змінну ве-

личину, що набуває на певний проміжок часу сталого значення. *Сталим* називають фактор, який не змінює свого значення протягом усього експерименту. Тобто, сталі фактори фіксуються на визначених рівнях, і вживаються заходи для того, щоб ці рівні практично залишались незмінними.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

До об'єкта дослідження ставляться такі вимоги:

- результати дослідів повинні відтворюватися; відхилення значень результатів дослідів, які здійснюються в однакових умовах через певний проміжок часу, не повинні перевищувати величини, визначеної методами математичної статистики;
- об'єкт дослідження має бути керованим, тобто повинна бути забезпечена можливість у кожному досліді обирати потрібні рівні факторів під час проведення активного експерименту.

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

- параметр оцінки повинен оцінюватись кількісно; множина значень, яких може набувати параметр оцінки, називається *областю визначення*;
- параметр оцінки повинен виражатись одним числом, без додаткових дій, вказівок;
- заданому набору факторів повинно відповідати тільки одне значення параметра; якщо під час повторення досліду в тих самих умовах величини параметра значно відрізняються

(досліди не відтворюються), це означає, що не врахований якийсь важливий фактор або задане значення фактору змінюється в процесі дослідів;

- якщо параметром обрано декілька функціонально зв'язаних величин, перевагу доцільно надати тій, яку можна визначити з найбільшою точністю;

- параметр має бути універсальним для всебічної оцінки процесу; властивості універсальності мають комплексні параметри; технічні параметри в багатьох випадках є недостатньо універсальними;

- параметр бажано мати простим, який легко обчислюється і має фізичний зміст.

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

- для проведення активного експерименту фактори повинні бути керованими, тобто підпорядковуватись досліднику;

- у методиці необхідно визначити операційність факторів, тобто зазначити, як встановлюються рівні їх величини, чим регулюються, вимірюються і фіксуються; потрібно чітко знати розмірність усіх факторів і вихідного параметра;

- при визначенні величини фактору повинна забезпечуватися висока точність і відрізнятися на декілька порядків від інтервалу зміни його рівня.

До сукупності **факторів, що діють на об'єкт дослідження**, ставляться додаткові **вимоги**, а саме:

- фактори не повинні корелювати між собою, тобто при зміні одного фактору інший не повинен змінюватися; у випадку наявності кореляції в якості фактору можна приймати відношення двох факторів, логарифм їх відношення тощо;

- фактори повинні бути сумісними, тобто наявність одного з них не повинна виключати іншого.

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

5.3.3 Етапи підготовки наукового експерименту

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

- розробити гіпотезу, яка підлягає перевірці, та методику експериментальних робіт;
- визначити способи і прийоми впливу на об'єкт дослідження;
- забезпечити умови для виконання експериментальних робіт;
- розробити шляхи і прийоми фіксування ходу і результатів експерименту;
- підготувати засоби експерименту (прилади, установки, моделі тощо);
- забезпечити експеримент необхідним обслуговуванням.

Особливе значення має правильне *розроблення методики експерименту*.

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

Під час розроблення методики проведення експерименту необхідно передбачати:

- попереднє цілеспрямоване спостереження за об'єктом або явищем, що вивчається, з метою визначення вихідних даних (гіпотез, обрання змінних факторів);
- створення умов, у яких можливе проведення експерименту (добір об'єктів для експериментальної дії, усунення впливу випадкових факторів);
- визначення області інтересу для змінних факторів та меж вимірювання;
- можливість систематичного спостереження за розвитком явища і точного опису фактів;

- проведення систематичної реєстрації замірів і оцінок фактів різними засобами і способами;
- створення складних ситуацій з метою підтвердження або спростування раніше отриманих даних;
- перехід від емпіричного вивчення з логічним узагальненням до аналізу та теоретичного оброблення отриманих фактичних даних.

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

Перед кожним експериментом складається його **план (програма виконання)**, який включає такі етапи:

- мету, завдання та обґрунтування об'єму експерименту;
- вибір змінних факторів;
- визначення кількості дослідів та послідовності зміни факторів;
- вибір кроку зміни факторів, визначення інтервалів між майбутніми експериментальними точками;
- обґрунтування вибору засобів для вимірювання;
- опис проведення експерименту;
- обґрунтування вибору способів оброблення та аналізу результатів експерименту.

Необхідно також обґрунтувати вибір засобів вимірювання приладів та іншого обладнання. У зв'язку з цим експериментатор повинен бути добре обізнаний з існуючою вимірювальною апаратурою в Україні і за кордоном. Відповідальним моментом у підготовці засобів вимірювання є визначення *точності виміру і похибки*.

Методи вимірювань повинні базуватися на законах спеціальної науки *метрології*, яка вивчає вимірювальні засоби і

методи. Методи вимірювань можна поділити на *прямі і непрямі*. Під час прямих вимірювань шукану величину знаходять із досліду, а під час непрямих – за функціональними вимірами. Вимірювання бувають *абсолютні й відносні*. Абсолютні – це прямі заміри в одиницях вимірювальної величини; відносні заміри – це відношення вимірювальної величини до однойменної величини, яка приймається за вихідну одиницю. Необхідно виділити декілька основних способів вимірювань.

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

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

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

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

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

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

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

Вимірювальні прилади та пристрої. ***Вимірювальним приладом*** називають засіб вимірювання, призначений для отримання певної інформації про величину, що вивчається, у зручній для експериментатора формі. У таких приладів вимірювальна величина перетворюється на покази або сигнали. Вони складаються з двох головних вузлів: приймаючого сигналу і перетворювального його у покази. За способом відліку

значення вимірювальної величини прилади поділяються на показникові та реєструвальні.

Вимірювальний пристрій (стенд) є системою, що складається з основних і допоміжних засобів вимірювання, які призначені для вимірювання однієї або кількох величин. Пристрій має різні засоби вимірювання і перетворювачі, призначені для одно- або багатоступеневого перетворення сигналу до того рівня, який дозволяє зафіксувати його вимірювальним механізмом.

5.3.4 Розробка методики експерименту

Методика експерименту – це сукупність розумових і фізичних операцій, розташованих у певній послідовності, в відповідності з якою досягається мета дослідження.

При розробці методики проведення експерименту необхідно передбачити:

- проведення попереднього цілеспрямованого спостереження над досліджуваним об'єктом або явищем з метою визначення вихідних даних (гіпотез, вибору факторів варіювання);
- створення умов, у яких можливе проведення експерименту (підбір об'єктів для експериментального впливу, усунення впливу випадкових факторів);
- визначення меж вимірювань;
- систематичне спостереження за ходом розвитку досліджуваного явища і точний опис фактів;
- проведення систематичної реєстрації вимірів і оцінок фактів різними засобами і способами;
- створення повторюваних ситуацій, перехресних впливів, зміна їх характеру і умов;
- створення ускладнених ситуацій з метою підтвердження або спростування попередньо одержаних даних;
- перехід від емпіричного вивчення до логічних узагальнень, до аналізу і теоретичної обробки одержаного фактичного матеріалу.

Важливим етапом підготовки експерименту є визначення його цілей і задач. Кількість задач не повинна бути надто великою (найкращий варіант 3–4, максимально 8–10).

Перед експериментом потрібно вибрати фактори варіювання, тобто встановити основні і другорядні характеристики, що впливають на досліджуваний процес, проаналізувати розрахункові схеми процесу.

Правильний вибір основних і другорядних факторів відіграє суттєву роль в ефективності експерименту, оскільки він зводиться до знаходження залежностей між цими факторами. Необхідно також обґрунтувати набір засобів вимірів, обладнання, машин і апаратів. Тому важливо бути добре ознайомленим з вимірювальною апаратурою що використовується в країні. Нерідко виникає потреба в створенні унікальних приладів, установок, стендів для виконання експерименту. При цьому їх розробка і конструювання повинні бути ретельно обґрунтовані теоретичними розрахунками.

Одним з найвідповідальніших моментів в експерименті є встановлення точності вимірів і похибки. Методи вимірів повинні ґрунтуватись на законах спеціальній науки – метрології, що вивчає засоби і методи вимірів.

При експериментальному дослідженні одного і того ж процесу повторні відліки з приладів зазвичай неоднакові. Розкид значень (відхилення) відбувається через недосконалість приладів, неоднорідність властивостей досліджуваного матеріалу тощо. Тому експеримент ніколи не завершується одним виміром, а отже, потрібно знати їх мінімальну кількість, яка змогла б забезпечити стійке середнє значення вимірюваної величини і яка б задовольняла заданому ступеню точності.

В методиці експерименту ретельно розробляється процес його проведення; складається послідовність операцій вимірів і спостережень; детально описується окремо кожна операція з урахуванням обраних засобів для проведення експерименту; обґрунтовуються методи контролю якості опера-

цій, що забезпечують при мінімальній кількості вимірів високу надійність і задану точність; розроблюються форми журналів для запису результатів спостережень і вимірів.

Важливим розділом методики є вибір методів обробки і аналізу експериментальних даних. Зазвичай результати експериментів зводяться в такі форми запису: таблиці, графіки, формули, що дозволяє швидко аналізувати одержану інформацію.

Особлива увага в методиці повинна бути приділена математичним методам обробки і аналізу дослідних даних, наприклад, встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між характеристиками варіювання, встановленню критеріїв і довірчих інтервалів тощо.

Перед кожним експериментом складається його план, що включає:

- мету і задачі експерименту;
- вибір факторів варіювання;
- обґрунтування об'єму експерименту, кількості іспитів; порядок реалізації іспитів;
- визначення послідовності зміни факторів;
- вибір кроку зміни факторів, завдання інтервалів між майбутніми експериментальними точками;
- обґрунтування засобів виміру;
- опис проведення експерименту;
- обґрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту.

На об'єм і трудомісткість проведення експериментальних робіт істотно впливає вид експерименту. Наприклад, натурні і польові експерименти, як правило, мають більшу трудомісткість, що треба враховувати при плануванні. Після встановлення обсягу експериментальних робіт складається перелік необхідних засобів вимірів, об'єм матеріалів, список виконавців, календарний план і кошторис витрат.

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

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

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

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

Програму експерименту розглядає науковий керівник, обговорюють у науковому колективі (наприклад, на засіданні кафедри або науково-технічної ради) і затверджують у встановленому порядку.

5.3.5 Обробка експериментальних даних

Обробка експериментальних даних є одним з основних етапів будь-якого експерименту. Вона необхідна для отримання відповіді на питання: «*Чи достовірні одержані дослідні дані в межах потрібної точності або допусків*»? Це необхідно для прогнозування стану в різних умовах функціонування, оптимізації окремих параметрів, а також для

розв'язку будь-яких інших специфічних задач. Особливо важливою є ретельна математична обробка результатів експериментів, яка підтверджує теоретичні висновки.

Застосування різних методів обробки експериментальних даних, критеріїв вірогідності і адекватності моделей досліджуваним процесам або явищам, оцінка точності і надійності результатів експерименту вимагає знання основних положень теорії імовірності і математичної статистики, умілого використання принципів і прийомів програмування. Крім того, в зв'язку з ускладненням алгоритмів обробки даних необхідні глибокі знання основних обчислювальних методів. *Кінцевою метою будь-якої обробки експериментальних даних є висування гіпотез про клас і структуру математичної моделі досліджуваного явища, визначення складу і об'єму додаткових вимірів, вибір можливих методів наступної статистичної обробки і аналіз виконання основних передумов, що лежать у їх основі. Математичне моделювання об'єкта досліджень* полягає в математичній імітації поведінки об'єкта або системи з тим чи іншим ступенем точності для можливого його відтворення і дослідження як спрощеної і ідеалізованої копії (моделі).

Треба мати на увазі, що слово «*модель*» використовується в різних змістовних значеннях при заміні оригіналу (об'єкта досліджень) в рамках задачі, яка вирішується тим чи іншим її еквівалентом.

В техніці під моделлю розуміють спеціально синтезований об'єкт, що має певну міру подібності вихідному, реальному об'єкту. Модель співвідноситься з реальністю так, як «природній ландшафт» з картиною, яка його зображає і є творінням художника. Їх відповідність один одному залежить від рівня майстерності художника і застосованих ним образотворчих засобів. Ця аналогія, на наш погляд, достатньо повно ілюструє взаємозв'язок в методології науки між накопиченими людством знаннями і дійсними властивостями реальності.

При ідеалізації прагнуть до скорочення числа незалежних параметрів (змінних) і використання стандартних моделей окремих елементів.

Математичний опис об'єкту називається строгим, якщо він проведений на основі відомих постулатів суто математичним шляхом без будь-яких необґрунтованих припущень.

При цьому математичну строгість досліджень не варто змішувати з точністю. Будь-яке строге рішення може бути точним або наближеним. Воно може містити похибку в оцінці отриманих числових значень параметрів об'єктів. Цій похибці зазвичай дається оцінка в межах прийнятих припущень. Для прикладних досліджень питання математичної строгості часто не настільки важливе, на відміну від достовірності чи точності. З ними пов'язана ефективність застосування об'єкта досліджень у конкретних галузях і можливість отримання максимально корисного ефекту.

Залежно від складності об'єкту і цілей досліджень, одержують моделі трьох типів: *фізичні, розрахункові і математичні*.

Під фізичними моделями розуміють ті, які найбільш повно описують поведінку об'єкта за допомогою фізичних оцінок і термінів, загальноприйнятих у цій галузі науки. В такі моделі входять без спрощень усі відомі функціональні співвідношення і зв'язки між параметрами об'єкта, а також враховуються отримані експериментальні дані по даному об'єкту. Це найскладніший і найбільш трудомісткий тип моделей.

Недоліки цього методу полягають у тому, що моделі є складними за складом і структурою. Вони не дозволяють чітко визначити ступінь впливу окремих параметрів на фоні інших. Усе це ускладнює аналіз і синтез об'єктів досліджень.

Розрахункові моделі описують процес без урахування факторів, які не мають суттєвого впливу на кінцеві результати досліджень.

При таких припущеннях складні математичні залежності, що описують процеси, замінюють наближеними (апроксимованими) співвідношеннями, деякі змінні величини – їх середніми значеннями, нелінійні вирази – лінійними тощо. Таке спрощення дозволяє використовувати в подальших дослідженнях формальні методи сучасної математики і обчислювальної техніки.

Математична модель – це наближений опис певного класу явищ зовнішнього світу, виражений за допомогою математичної символіки.

Математичні моделі будуються аналітичним шляхом або отримуються на підставі обробки експериментальних даних. Вони в достатній мірі повно характеризують досліджуваний об'єкт. До них відносяться також алгоритми розв'язку рівнянь, складені на їх основі програми для комп'ютерної обробки експериментальних даних тощо.

Ці моделі найчастіше використовуються в прикладних галузях наук, частково в технічних науках по багатьох спеціальностях. По мірі насичення даних про об'єкт від таких моделей переходять до більш складних, які строго описують явища і закономірності, що вивчаються, а потім до побудови фундаментальних теорій.

У залежності від методу побудови, математичні моделі поділяють на два типи: *гносеологічні* (пізнавальні) і *інформаційні*.

Гносеологічні моделі призначені для опису різних фізичних, технологічних і інших характеристик об'єктів дослідження.

Інформаційні моделі – це математичні моделі, які використовуються для розв'язку задач аналізу та синтезу параметрів систем, що описують об'єкт досліджень.

Інформація, яка міститься в них використовується для розробки способів і методів впливу на об'єкт для отримання оптимальних параметрів чи раціональних інтервалів їх варі-

ацій з ціллю ефективного функціонування в реальних умовах. Моделі такого типу є важливим елементом систем управління об'єктом. Вони дозволяють знаходити значення параметрів об'єкту, забезпечуючи можливість оперативного управління його функціонуванням.

Математична модель – потужний метод пізнання зовнішнього світу, а також прогнозування і управління. Аналіз математичної моделі дозволяє проникнути в сутність досліджуваних явищ. Процес математичного моделювання, тобто вивчення явища за допомогою математичної моделі, можна поділити на 4 етапи.

Перший етап – формулювання законів, що зв'язують основні об'єкти моделі. Цей етап вимагає широкого знання фактів, що відносяться до досліджуваних явищ, і глибокого проникнення в їх взаємозв'язки. Ця стадія завершується записом в математичних термінах сформульованих якостей, уявлень про зв'язки між об'єктами моделі.

Другий етап – дослідження математичних задач, до яких приводять математичні моделі. Основним питанням тут є розв'язок прямої задачі, тобто одержання в результаті аналізу моделі вихідних даних для подальшого їх співставлення з результатами спостережень досліджуваних явищ. На цьому етапі важливу роль набувають математичний апарат, необхідний для аналізу математичної моделі і обчислювальна техніка.

Третій етап – з'ясування того, чи задовольняє прийнята гіпотетична модель критерію практики, тобто з'ясування питання про те, чи узгоджуються результати спостережень з теоретичними наслідками моделі в межах точності спостережень. Якщо модель була цілком визначена – всі параметри її були задані, – то визначення ухилень теоретичних наслідків від спостережень дає розв'язок прямої задачі з наступною оцінкою ухилень. Якщо ухилення виходять за межі точності спостережень, то модель не може бути прийнята.

Четвертий етап – наступний аналіз моделі в зв'язку з накопиченням даних про досліджувані явища і модернізація моделі. В процесі розвитку науки і техніки, дані про досліджувані явища, все більше і більше уточнюються, і настає момент, коли висновки, отримані на підставі існуючої математичної моделі, не відповідають нашим знанням про явище. В такому випадку виникає необхідність побудови, більш досконалої математичної моделі.

Для створення сучасної математичної моделі на підставі експериментальних даних необхідно розв'язати такі часткові задачі:

- *Аналіз, вибракування і відновлення аномальних (збитих) або пропущених вимірів.* Ця задача пов'язана з тим, що вихідна експериментальна інформація зазвичай неоднорідна за якістю. В основній масі результатів прямих вимірів дані отримуються з найменшими похибками, проте не можна виключати наявність грубих похибок, що викликані різними причинами (прорахунки експериментатора, збої обчислювальної техніки, аномалії в роботі вимірювальних приладів тощо).

Без глибокого аналізу якості даних, усунення або хоча б істотного зменшення впливу аномальних даних на результати експерименту та наступної їх обробки, можна зробити хибні висновки про досліджуваний об'єкт або явище.

- *Експериментальна перевірка законів розподілу експериментальних даних, оцінка параметрів і числових характеристик спостережуваних випадкових величин або процесів.* Вибір методів наступної обробки, спрямованої на побудову і перевірку адекватності обраної моделі досліджуваному явищу, істотно залежить від закону розподілу спостережуваних величин. Отримувані при розв'язку задачі висновки про природу експериментальних даних можуть бути як загальними (незалежність вимірів, їх рівноточність, характер похибок тощо), так і містити детальну інформацію про статистичні властивості даних (вид закону розподілу, його параметри).

Розв'язок центральної задачі попередньої обробки не є чисто математичним, а вимагає також і змістовного аналізу досліджуваного процесу, схеми і методики проведення експерименту.

- *Групування вихідної інформації при великому об'ємі експериментальних даних.* При цьому повинні бути враховані особливості їх законів розподілу, які виявлені на попередньому етапі обробки.

- *Об'єднання декількох груп вимірів, одержаних, можливо, в різний час або в різних умовах, для спільного опрацювання.*

- *Виявлення статистичних зв'язків в взаємного впливу різних вимірюваних факторів і результуючих змінних, послідовних вимірів одних і тих же величин.* Розв'язок цієї задачі дозволяє відібрати ті змінні, які здійснюють найбільш сильний вплив на результуючу ознаку. Виділені фактори використовуються для подальшої обробки, зокрема, методами регресійного аналізу. Аналіз кореляційних зв'язків робить можливим висування гіпотез про структуру взаємних зв'язків змінних і, врешті-решт, про структуру моделі об'єкта досліджень.

У ході попередньої обробки, крім вищезазначених задач, часто розв'язують й інші, що мають частковий характер: *відображення, перетворення і уніфікацію* типу спостережень, *візуалізацію* багатомірних даних тощо.

Треба відзначити, що в залежності від остаточних цілей дослідження, складності досліджуваного явища і рівня апріорної інформації про нього, об'єм задач, що виконуються в ході попередньої обробки, може істотно змінитись. Те ж саме можна сказати і про співвідношення цілей і задач, які вирішуються при попередній обробці і на наступних етапах статистичного аналізу, спрямованих на побудову моделі об'єкта (процесу, явища). Так, наприклад, якщо метою експерименту є вимір значень невідомої, проте завідомо постійної величини шляхом прямих багатократних вимірів за допомогою

засобу вимірів з відомими характеристиками похибок, то повна обробка результатів виміру обмежується найпростішою попередньою обробкою даних (оцінкою математичного очікування). В той же час, якщо вимірювана величина є змінною, а закон розподілу похибок вимірювального приладу невідомий, то для розв'язку остаточної задачі потребується проведення, як попередньої обробки даних, так і застосування статистичних методів дослідження фізичних залежностей.

Для розв'язку задач попередньої обробки використовуються різноманітні статистичні методи: перевірка гіпотез, оцінювання параметрів і числових характеристик випадкових величин і процесів, кореляційний і дисперсійний аналіз. Для попередньої обробки першорядний вплив на якість розв'язку кінцевих задач дослідження, характерним є ітераційний розв'язок основних задач, коли повторно повертаються до розв'язку тієї або іншої задачі після одержання результатів на наступному етапі обробки.

У прикладних наукових (дисертаційних) роботах, особливо технічного профілю, завершальним етапом є проведення випробувань досліджуваного об'єкту умовах виробництва.

Випробування – це різновид наукових експериментальних досліджень, при яких досліджуваний об'єкт піддається оцінці у виробничих умовах, для роботи в яких, він власне і призначений.

При випробуваннях не змінюють параметрів його експлуатації, окрім тих, які передбачені відповідними вимогами інструкцій з експлуатації і технічного обслуговування у вигляді окремих регулювань механізмів. Мета таких випробувань полягає у визначенні відповідності даного об'єкту наукового (дисертаційного) дослідження тим виробничим вимогам, які були спочатку поставлені перед дослідниками (розробниками).

Державними нормативними документами сьогодні передбачається проведення майже 40 різних видів випробувань. Основними з яких є такі:

- попередні заводські або польові випробування дослідного зразка;
- приймальні випробування допрацьованих зразків або засвідчених партій;
- контрольні випробування при масовому виробництві машин;
- випробування зразків після капітального ремонту.

Перші два види випробувань застосовуються на стадії проектування, наукових досліджень і доопрацювання нових конструкцій машин та устаткування до їх працездатного стану. З їх допомогою оцінюється ефективність ідей, технологічних рішень, обґрунтованість вибору величини окремих параметрів, конструктивно-технологічних схем, закладених в такі машини і устаткування, ступінь обґрунтованості і оптимальності базових (основних) величин параметрів. При цьому виявляються похибки, допущені при проектуванні, уточнюються параметри основних елементів досліджуваного об'єкту, можливі відхилення, надійність роботи у виробничих умовах і дається висновок про перспективність подальшого використання його по основному призначенню.

Наявність таких протоколів в додатку до дисертації є свідомством високої практичної значущості проведених дисертаційних досліджень, що спрощує проведення експертизи дисертації.

Вимоги щодо проведення статистичних спостережень

Вимоги щодо проведення спеціальних статистичних спостережень були сформульовані ще в XIX ст. відомим бельгійським статистиком А. Кетле.

Перше правило: Програма статистичних спостережень повинна включати тільки ті питання, на які необхідно одержати відповіді, виходячи з цілей статистичних спостережень. Виходячи з цього правила, із спостережень потрібно виключити всі показники, які передбачається одержати про всяк випадок.

Друге правило: в програму спостережень не варто включати питання, на які не вдасться одержати відповіді задовільної якості.

Третє правило: в програму спостережень не повинні включатись питання, які можуть викликати недовіру обстежуваних суб'єктів (одиниць сукупності) відносно цілей проведення статистичного дослідження. При організації спостереження завжди треба пам'ятати про вплив, який здійснює спостереження на досліджуваній об'єкт (одиниць сукупності).

Виконання цих правил досягається шляхом розгляду (ще до спостереження) всіх стадій статистичного дослідження – від цілей і методів збору, до способу зведення і групування, а також аналізу. Тільки в цьому випадку можна бути впевненим, що програма спостережень визначена правильно. *Інакше неминучі надмірності в програмі спостережень, або відсутності в ній деяких питань, без відповіді на які цілі дослідження не можуть бути виконані.*

5.3.6 Вибіркові оцінки коректності математичної обробки результатів експерименту

При обробці числових масивів, які є результатом експерименту, на практиці застосовують такі вибіркові оцінки: математичне очікування:

$$M_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \int_{+\infty}^{-\infty} x f(x) dx \quad (5.1)$$

дисперсія:

$$D_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - M_x)^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x_i - M_x)^2 f(x) dx \quad (5.2)$$

коефіцієнт асиметрії:

$$A = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - M_x)^3}{\sigma_x^3} \quad (5.3)$$

коефіцієнт ексцесу:

$$E = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - M_x)^4}{\sigma_x^4} - 3 \quad (5.4)$$

де x_i – значення результату в i -тому досліді;

N – число результатів в масиві (число вимірювань);

$\sigma_x = \pm \sqrt{D_x}$ – середньоквадратичне відхилення

Похідна оцінка від величини математичного очікування і дисперсії є коефіцієнт варіації, що визначається у відсотках по формулі:

$$V = \frac{\sigma_x}{M_x} \cdot 100 \quad (5.5)$$

Дисперсія, середнє квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації є кількісними характеристиками оцінки розсіювання значень результатів експерименту як випадкової величини і застосовуються при вивченні різних дій з випадковим результатом.

Коефіцієнт асиметрії і коефіцієнт ексцесу є характеристиками більш вищого порядку. Перший характеризує «скривленість» розподілу вимірювальної величини, а другий – ступінь його «гостровершинності».

Обчислені, за експериментально спостережуваними випадковими величинами і випадковими функціями, статисти-

чні характеристики, несуть інформацію не про всю генеральну сукупність, яка в загальному випадку нескінченна, а лише про певну її частину – вибірку, елементи якої виміряні з певними похибками. У зв'язку з цим, в результаті експерименту отримують лише певні оцінки параметрів генеральної сукупності. Отже, і будь-яка вибіркова оцінка – це випадкова величина, точність визначення якої, і можливі при цьому похибки, необхідно контролювати. Слід також мати на увазі, що представлені вище параметри розподілу є точковими оцінками випадкових величин. Вони дозволяють судити про значення обчисленої статистичної характеристики в даній точці і нічого не говорять про можливі межі варіювання самої оцінки.

До обчислюваних в результаті експерименту оцінок випадкових величин висуваються три основні вимоги: *спроможності, незміщеності і ефективності*. Вважають, що оцінка спроможна, якщо із зростанням об'єму вибірки вона наближається до дійсного значення; незміщена, якщо її математичне очікування наближається до дійсного значення; і ефективна, коли оцінка володіє найменшим розсіянням у порівнянні з будь-якими іншими оцінками.

З двох оцінок ефективніша та, яка володіє меншою дисперсією, тобто значення якої розсіваються в більш вузькому інтервалі.

Точність вимірювань будь-якої фізичної величини характеризується, *абсолютною* $\Delta x = x - \bar{x}$ і *відотною* $\Delta x \cdot 100\%$ похибками (тут Δx – дійсне значення), які, в свою чергу, складаються з суми систематичних δ і випадкових похибок. Систематичні похибки δ постійні при кожному вимірюванні і залежать від технічного рівня вимірювальної апаратури і техніки експерименту. Ці помилки можна звести до мінімуму шляхом вибору найбільш оптимальних вимірювальних приладів і більш точних методів визначення досліджуваних змінних.

Випадкові похибки обумовлені впливом великої кількості чинників. Їх поява є випадковою від вимірювання до вимірювання, і не може бути заздалегідь врахована внаслідок їх залежності від зміни умов вимірювань і мінливості самих вимірюваних величин. Проте при чималій кількості експериментів сумарне значення випадкових похибок, змінюються приблизно однаково в позитивну і негативну сторону і наближається до нуля. Випадкові похибки в переважній більшості підпорядковуються нормальному закону розподілу.

При оцінці точності вимірювань рекомендується враховувати сумарну похибку за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \delta + \frac{\sigma_{\xi}}{\sqrt{N}} \quad (5.6)$$

де σ_{ξ} – середньоквадратичне відхилення випадкової величини ξ при числі вимірювань N .

Для величин, визначених шляхом непрямих вимірювань (розрахованих із інших величин, що вимірювалися безпосередньо) оцінка похибок здійснюється обчисленням статистичних оцінок за відповідними функціональними залежностями.

Вибіркові характеристики M_x , σ_x та інші, що визначаються на основі обмеженого числа спостережень, можуть наближатися до дійсних значень характеристик генеральної сукупності M_x^0 і σ_x^0 лише з певною точністю ε :

$$M_x^0 = M_x + \varepsilon; \sigma_x^0 = \sigma_x + \varepsilon \quad (5.7)$$

Точність вибіркового спостереження (експерименту) може задаватися в одиницях вимірювання досліджуваної величини, в одиницях вибіркового значення σ_x , у відсотках досліджуваної величини або характеристики. Систематична похибка, будучи постійною, при цьому може не враховуватися. Ймовірність того, що дійсне значення характеристик

генеральної сукупності знаходиться у певних межах, дорівнює:

$$P(M_x - \varepsilon) < M_x^0 < M_x + \varepsilon \quad (5.8)$$

Оскільки математичне очікування будь-якої вибірки саме є випадковою величиною, то корисно встановити такий інтервал, у який із заданою ймовірністю буде потрапляти значення вимірювального параметра. Такий інтервал називається довірчим, а відповідна ймовірність – довірчою ймовірністю або, як часто говорять, надійністю.

Довірчу ймовірність для зручності позначають як:

$$(1 - \alpha) = P(a < M_x^0 < b) \quad (5.9)$$

де α є ймовірність похибки.

Ймовірність похибки α характеризує частку ризику в оцінці дійсного значення оцінюваної величини і часто називається *рівнем значимості*. Для зручності, величину довірчого інтервалу задають в долях середньоквадратичного відхилення. Довірчу ймовірність визначають, як площу, обмежену

кривою нормального розподілу в інтервалі від $-z\sigma_x$ до $+z\sigma_x$

Використовуючи формулу стандартного нормального розподілу для коефіцієнта z , можна отримати формулу:

$$z = \frac{\bar{x} - M_x}{\sigma_x} \quad (5.10)$$

довірчу ймовірність, згідно (5.8), записують у такому вигляді

$$P\left(\bar{x} - z \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}} < M_x^0 < \bar{x} + z \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}\right) \quad (5.11)$$

Визначають довірчий інтервал у такій послідовності: обчислюють параметр вибірки, вибирають довірчу імовірність, визначають відповідне обраному значенню число з таблиці табульованих значень функції стандартного нормального розподілу; обчислюють довірчий інтервал. Із збільшенням кількості вимірів достовірність експерименту зростає, а довірчий інтервал зменшується.

Окрім встановлення довірчих інтервалів, у завдання оцінки випадкових величин включають також і аналіз законів розподілу досліджуваних величин, перевірку належності двох вибірок до однієї генеральної сукупності, порівняння середніх дисперсій для різних вибірок тощо.

Для кількісної оцінки правильності сформульованих дослідником гіпотез, використовують так звані *статистичні критерії*.

Гіпотеза в статистиці трактується як припущення про розподіл випадкових величин. Розрізняють *нульові* і *альтернативні* гіпотези.

Гіпотеза, відхилення від якої приписуються даному випадку, називається нульовою. Нульова гіпотеза – це гіпотеза про відсутність будь-якої відмінності (це те, що ми хочемо заперечити, якщо перед ними стоїть задача довести значимість відмінностей).

Альтернативна гіпотеза – це гіпотеза про значимість відмінностей (це те, що ми хочемо довести).

Статистичний критерій – це правило, яке забезпечує істинність чи хибність деякої гіпотези з високою ймовірністю. По відношенню між емпіричним та критичним значенням критерію можна судити про підтвердження чи хибність гіпотези.

Для підтвердження гіпотези необхідно, щоб емпіричне значення перевищувало критичне. Критерії поділяються на *параметричні* і *непараметричні*.

Параметричні критерії включають в формулу розрахунку параметри розподілу випадкової величини (тобто середні величини та їх дисперсії).

Непараметричні критерії не включають в формулу параметри розподілу, а оперують із частотами та рангами.

До параметричних критеріїв відносяться критерії Пірсона та Стьюдента.

Критерій Пірсона (критерій χ^2). Цей критерій застосовується в випадках:

– для співставлення емпіричного закону розподілу з теоретичним;

– для співставлення двох або більше емпіричних законів розподілу. Наприклад, для перевірки узгодження між експериментальним розподілом деякої величини і певним теоретичним законом розподілу необхідно:

1) знайти квадрати різниць між відповідними експериментальними і теоретичними значеннями величини;

2) поділити квадрати різниць на теоретичні значення і просумувати отримані числа.

Отриману суму позначають χ_{exp}^2 (експериментальне значення критерію). Далі число χ_{exp}^2 порівнюють із критичним значенням для відповідного числа ступенів вільності (число наявних даних -1). Якщо χ_{exp}^2 менше за критичне значення, то розходження між експериментальним і теоретичним розподілом є статистично недостовірним.

t-критерій Стьюдента – метод статистичної перевірки гіпотез, заснований на порівнянні з розподілом Стьюдента (математична формула розподілу Стьюдента може бути знайдена в спеціальній літературі з статистики). Найчастіше цей критерій застосовують для порівняння середніх значень у двох вибірках даних. У випадку незалежних вибірок, t-критерій розраховується за формулою:

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}} \quad (5.12)$$

де, M_1 і M_2 – математичні очікування,
 σ_1 і σ_2 – середньоквадратичні відхилення,
 N_1 і N_2 – розмір вибірок.

Для обчислення, t -критерію у випадку двох залежних вибірок

$$t = \frac{|M_s|}{\sqrt{\frac{\sigma_s^2}{N}}} \quad (5.12)$$

де M_s – середня різниця значень,
 σ_s – середньоквадратичне відхилення різниць.

До непараметричних критеріїв відносяться критерії Розенбаума і Фішера.

Критерій Розенбаума (Q-критерій). Використовується для оцінки відмінностей між двома вибірками за рівнем певної ознаки. Для використання Q-критерію необхідно:

- 1) впорядкувати значення в кожній вибірці по зростанню (спаданню) ознаки;
- 2) визначити максимальне значення в другій вибірці;
- 3) підрахувати кількість значень першої вибірки (S_1), які більше за максимальне значення другої вибірки;
- 4) підрахувати кількість значень в другій вибірці (S_2), які менші за мінімальне значення в першій вибірці.

Емпіричне значення Q-критерію визначається як $Q = S_1 + S_2$. Далі, порівнюючи це значення з критичним, можна зробити висновок про підтвердження гіпотези відмінностей. Якщо Q-критерій не виявляє достовірних відмінностей, то це ще не означає, що їх немає. В цьому випадку користуються критерієм Фішера. **Критерій Фішера (F-критерій).** Крите-

рій оцінює достовірність відмінностей між процентними частками двох вибірок, в яких присутня ознака, що нас цікавить.

Для застосування F-критерія необхідно виконати так зване кутове перетворення Фішера. Воно полягає в перетворенні процентних часток в величини центрального кута згідно з формулою:

$$\varphi = 2 \cdot \arcsin \sqrt{\rho} \quad (5.14)$$

де ρ – відсоткова частка.

Емпіричне значення F-критерію розраховується за формулою

$$\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2) \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (5.15)$$

де φ_1 – кут, що відповідає більшій частці,

φ_2 – кут, що відповідає меншій частці,

n_1 і n_2 – кількість елементів першої та другої вибірки.

У розглянутих вище статистичних оцінках характеристик генеральної сукупності за вибірковими спостереженнями, кожному елементу сукупності відповідав тільки один вимірюваний параметр або ознака, тобто розглядалася одновимірною системою. Якщо досліджувана система є багатовимірною, застосовуються методи дисперсійного і регресійного аналізу.

Найважливішим завданням такого аналізу є виявлення наявності і визначення сили взаємозв'язку між різними випадковими величинами. Для цього застосовуються числові характеристики: *коваріацію* і *коефіцієнт кореляції*.

Коефіцієнт кореляції є безрозмірною величиною (що лежить в інтервалі від –1 до 1) і дозволяє оцінити, чи існує взаємозв'язок між випадковими величинами.

У спеціальній літературі приводиться методи його визначення в конкретних ситуаціях і є стандартні програми розрахунку за допомогою обчислювальної техніки.

Якщо коефіцієнт кореляції відмінний від нуля, то існує кореляція між випадковими величинами. Якщо цей коефіцієнт дорівнює нулю, то це означає незалежність випадкових величин.

Особливості застосування цього коефіцієнта при розв'язку конкретних задач аналізу наводиться в спеціальній літературі.

Одним з основних завдань, які можна вирішити за допомогою дисперсійного аналізу, є побудова математичних моделей, найбільш адекватних процесам, що вивчаються, через аналіз отриманих результатів експерименту або обробки даних статистичних спостережень і матеріалів звітів.

У рамках цього курсу неможливо розглянути всі варіанти і особливості застосування математичної статистики при рішенні конкретних задач обробки дослідних даних. Але автори і не ставили собі за мету зробити такий повний огляд. Метою авторів є бажання звернути увагу майбутніх науковців на необхідність коректного застосування математичного апарату при обробці експериментальних даних.

5.3.7 Визначення основних статистичних характеристик вибіркової сукупності

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

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

Для первинної обробки експериментальних даних вибірки потрібні такі основні статистичні параметри: середнє

арифметичне значення Y_{cp} ; вибіркова дисперсія S_2 ; середнє квадратичне відхилення S ; коефіцієнт варіації S_y ; середня помилка середнього значення S_y ; показник точності дослідів P .

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

Кількість інтервалів визначають за формулою:

$$K = 1 + 3,2 \lg N \quad (5.16)$$

Усі інтервали вибірки приймаються однакової величини, яку знаходять за формулою

$$\Delta y = \frac{y_{max} - y_{min}}{K}, \quad (5.17)$$

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

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

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

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

Середнє значення вибірки Y_{cp} визначається за формулою:

$$Y_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i y_i \quad (5.18)$$

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

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k n_i (Y_{cp} - y_i)^2 \quad (5.19)$$

Вираз $(N-1)$ у формулі (5.19) називається *числом ступенів свободи*, яке дорівнює кількості незалежних значень, що беруть участь у визначенні будь-якого параметра статистичної сукупності. У цьому випадку один ступінь свободи витрачається на визначення середнього значення, без якого не можна визначити дисперсію.

Середнє квадратичне відхилення від середнього значення дорівнює:

$$S = \sqrt{S^2} \quad (5.20)$$

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

$$\vartheta = \frac{S}{Y_{cp}} \cdot 100\% \quad (5.21)$$

Середня помилка середнього значення S_y визначається за формулою

$$S_y = \pm \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (5.22)$$

Знаючи S_y , можна визначити **показник точності дослід** P , який дорівнює:

$$P = \frac{S_y}{Y_{cp}} \cdot 100\% \quad (5.23)$$

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

Кількість інтервалів становить:

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

Приймаємо кількість інтервалів $K=4$.

Величина інтервалу дорівнює:

$$y_{\Delta} = \frac{67 - 61}{4} = 1,5$$

Складаємо таблицю для визначення основних параметрів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Визначення середнього значення та дисперсії

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

Середнє значення вибірки $y = 64$ та вибіркочну дисперсію $S_2 = 2,625$

Знайдемо за формулами (5.18) та (5.19). За даними табл. 5.1 будемо гістограму, яка зображена на рис. 5.11.

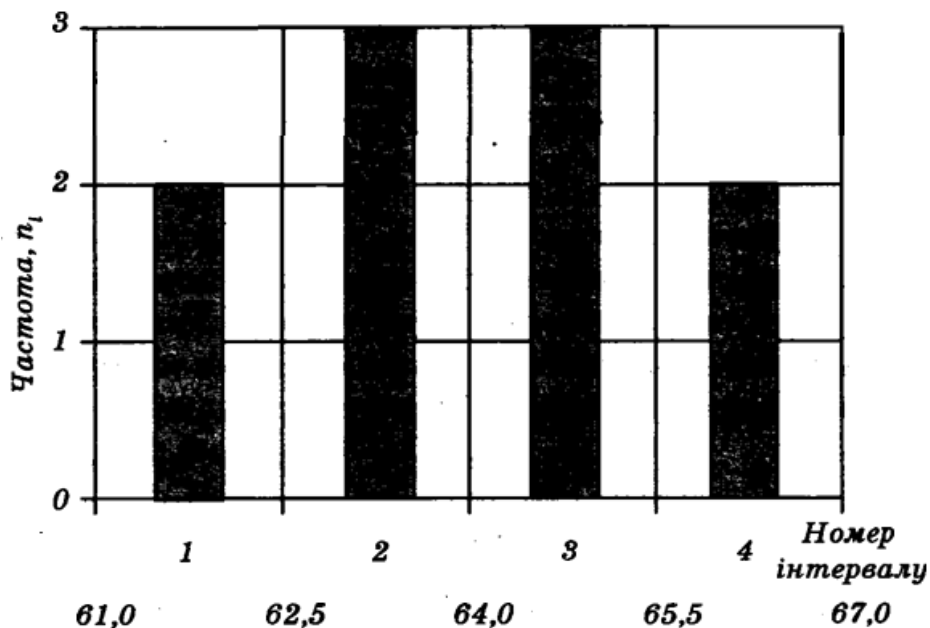


Рис. 5.11. Гістограма розподілу кількості спостережень

Основними параметрами генеральної сукупності є такі статистичні характеристики:

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

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

$$m_i = \sum_{i=1}^n P_i y_i \quad (5.24)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n P_i (y_i - m_i)^2 \quad (5.25)$$

Тому можна вважати, що середнє значення вибірки Y_{cp} та дисперсія S_2 є лише приблизними оцінками математичного очікування m_y та дисперсії σ_2 , тобто: $m_y \approx Y_{cp}$; $\sigma_2 \approx S_2$.

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

$$m_y = \lim_{n \rightarrow \infty} Y_{cp} \quad (5.25)$$

$$\sigma^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} S^2 \quad (5.26)$$

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

Для вибірок об'ємом $N > 120$ закон розподілу помилки, тобто різниці між генеральним та вибірковим середніми значеннями, відомий і називається *розподілом Стьюдента*. Використовуючи властивості цього розподілу, можна завжди визначити *ймовірність відхилення Δ вибіркового середнього*

від генерального на певну величину, так званий *інтервал довіри для генеральної сукупності*

$$Y_{cp} - D \leq M_y \leq Y_{cp} + D \quad (5.27)$$

Ймовірність відхилення визначається за формулою:

$$\Delta = \pm \frac{t_{qf} \cdot S}{\sqrt{N}} \quad (5.28)$$

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

$$q = 1 - p, \quad (5.29)$$

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

$$f = N - 1 \quad (5.30)$$

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

$$N \geq \frac{t_{qf}^2 \cdot S^2}{\Delta^2} \quad (5.31)$$

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

5.3.8 Апроксимація результатів експериментальних досліджень

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

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

Необхідність в емпіричних залежностях виникає тоді, коли аналітичні залежності вважаються складними і вимагають громіздких обчислень для практичного використання або ж тоді, коли аналітичні залежності взагалі відсутні. Можна вважати, що емпіричні залежності – це наближене виявлення аналітичних, а процес апроксимації – спосіб заміни складного або неможливого процесу одержання точних аналітичних виразів.

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

- *етап* – вибір загального вигляду типової функціональної залежності (апроксиманти);
- *етап* – розрахунок числових значень параметрів (коефіцієнтів) апроксиманти.

Вибір загального вигляду рівняння апроксимації. Для того, щоб з'ясувати, до якого класу функцій належить шукана апроксиманта $y = f(x)$, необхідно звернутись до графічного зображення результатів експерименту. Графік будуватиметься в декартовій системі координат x і y . Значення фактору відкладаються на осі абсцис, значення параметра оцінки – на осі ординат, а власне результати позначаються точками (рис. 5.12).

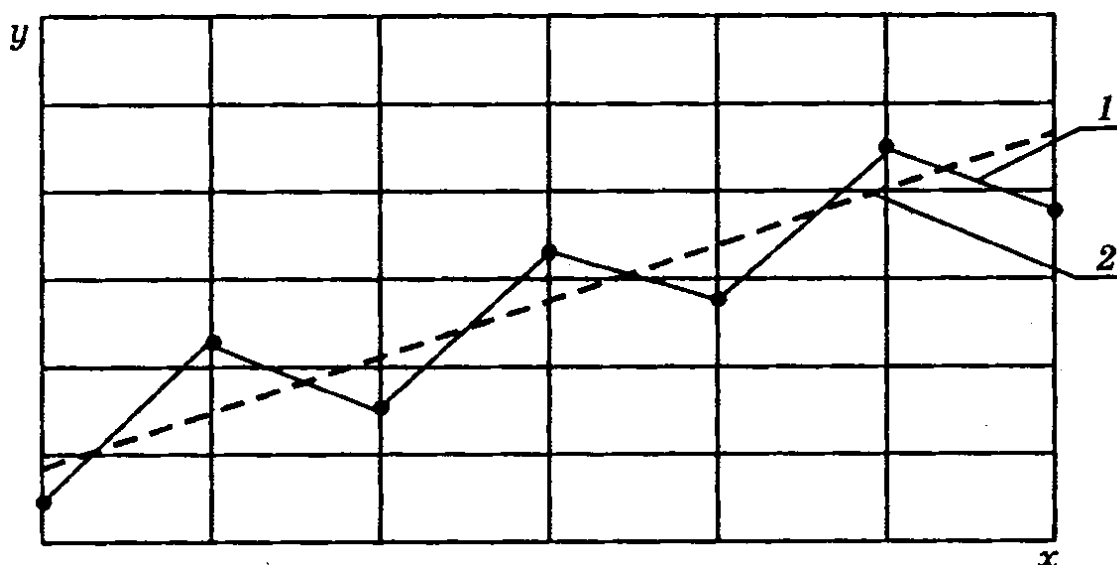


Рис. 5.12. Графічне зображення результатів експерименту:

1 – експериментальна лінія; 2 – уявна апроксиманти

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

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

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

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

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

$$x' = f_1(x, y); \quad y' = f_2(x, y),$$

за допомогою яких рівняння набуває вигляду лінійної залежності: $y' = b_0 + b_1 x'$.

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

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

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

$$\begin{cases} \sum_i^N Y_i = \sum_i^N b_0 + \sum_i^N b_1 X_i \\ \sum_{\frac{N}{2}}^N Y_i = \sum_{\frac{N}{2}}^N b_0 + \sum_{\frac{N}{2}}^N b_1 X_i \end{cases} \quad (5.32)$$

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

Сутність *методу найменших квадратів* полягає у тому, що для двох функціонально зв'язаних величин x та y відомо N пар відповідних значень $(x_1; y_1), (x_2; y_2) \dots (x_n; y_n)$. Вимагається в наперед заданій формулі $y = f(x, b_0, b_1 \dots b_m)$ визначити

кількість $(m+1)$ параметрів $b_0, b_1 \dots b_m$ ($m < n$) так, щоб ця формула дозволила з найбільш точною відповідністю поновлювати значення вихідних параметрів y для заданих значень x .

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

$$\sum_{k=1}^N [f(x_n, b_0, b_1, \dots, b_m) - y_k]^2 = \min \quad (5.33)$$

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

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

$$\sum_{k=1}^N [f(x_n, b_0, b_1, \dots, b_m) - y_k] \frac{df(x_n, b_0, b_1, \dots, b_m)}{db_i} = 0 \quad (5.34)$$

5.3.9 Регресивний аналіз результатів експериментальних досліджень

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

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

Статистичні залежності описують математичними моделями, тобто *рівняннями регресії*, які відтворюють зв'язок між

значеннями фактору X і змінною характеристикою досліджуваного процесу Y .

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

Існують *однофакторні* й *багатофакторні* регресивні залежності.

Регресивний аналіз виконується у такій послідовності:

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

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

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

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

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

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y} \quad (5.35)$$

Величина коефіцієнта кореляції завжди перебуває у межах $-1 \leq R \leq 1$. Коефіцієнт характеризує тільки лінійну залежність між випадковими величинами. При додатному значенні коефіцієнта можна вважати, що при зростанні однієї величини інша в середньому теж зростає. При від'ємному значенні R зростання одної величини зумовлює в середньому зменшення значення іншої. При $R=+1$ або $R=-1$ між величинами x і y існує кореляційний зв'язок. Значення $R=0$ свідчить про відсутність лінійної залежності між x і y . Щільність зв'язку вважають задовільною при $R \geq 0,5$, доброю – при $R=0,8 \dots 0,85$.

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

$$t_{розр} = |N| \sqrt{\frac{N-2}{1-R^2}} \quad (5.36)$$

і порівнюють його з табличним.

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

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

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

Здійснивши перевірку забезпечення передумов, можна починати виконання статистичного аналізу рівняння регресії. Для розв'язання задач аналізу необхідно мати *кількісну*

оцінку похибки експерименту в цілому. Такою оцінкою є дисперсія відновлення S_y^2 , яка визначається за формулою:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N} \quad (5.37)$$

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

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

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

$$S_b^2 = \frac{S_y^2}{n \cdot N} \quad (5.38)$$

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

$$t_{\text{розр}} = \frac{|b_i|}{S_{b_i}} \quad (5.39)$$

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

$$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2} \quad (5.40)$$

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

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

Перевірка адекватності одержаного рівняння регресії необхідна для того, щоб відповісти на запитання, чи буде рівняння відтворювати значення критерію оцінки з тією ж точністю, що і результати експерименту.

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

$$F_{розр} = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2}, \text{ якщо } S_{ад}^2 > S_y^2 \quad (5.41)$$

$$F_{розр} = \frac{S_y^2}{S_{ад}^2}, \text{ якщо } S_y^2 > S_{ад}^2 \quad (5.42)$$

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

$$S_{ад}^2 = \frac{n \sum_{j=1}^n (\bar{y}_j - \bar{y}_i)^2}{f_{ад}} \quad (5.43)$$

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

$$f = N - P,$$

де *P*– число коефіцієнтів рівняння регресії.

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

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

5.4 Планування експерименту за повними факторними планами

Сутність математичного планування експерименту

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

- класичний метод, за яким досліджується вплив на об'єкт кожного фактору окремо, змінюючи його значення та фіксуючи решту факторів на сталому рівні;
- математичний метод, що дозволяє досліджувати вплив на об'єкт одночасно всіх факторів, змінюючи їх рівні за відповідним, наперед розробленим, планом.

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

- значно зменшується необхідна кількість дослідів за наявності великої кількості змінних факторів;
- математичний опис процесу здійснюється у вигляді єдиного рівняння, яке включає всі змінні фактори, тоді як при першому методі кількість рівнянь, що описують процес, дорівнює кількості змінних факторів.

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

Під час планування експерименту можуть вирішуватися такі *задачі*:

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

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

Рівняння, яке встановлює зв'язок між значенням функції відгуку (вихідної величини) та значеннями змінних факторів, називають **математичною моделлю** процесу дослідження. Якщо на об'єкт дослідження діють змінні фактори, що позначаються X_1, X_2, \dots, X_i які визначають його стан у якості вихідного параметра Y , то математичною моделлю процесу називають функцію у вигляді $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_i)$.

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

лінійного рівняння:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 ; \quad (5.44)$$

неповного квадратного рівняння

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 ; \quad (5.45)$$

рівняння другого порядку:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 \quad (5.46)$$

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

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

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

Після прийняття рішення про вихідний параметр та змінні фактори, вплив яких передбачається досліджувати, а також про область зміни значень кожного виконують кодування факторів.

Заміна натуральних значень факторів у відповідних одиницях виміру безрозмірними кодовими значеннями спрощує план експерименту та процес статистичного оброблення експериментальних даних. Кожному фактору присвоюють, у тій самій послідовності, що й натуральним, кодове значення X_1 , X_2 тощо. Найбільше кодове значення кожного фактору позначають (+1) та називають його *верхнім рівнем*, а найменше значення позначають (-1) і називають *нижнім рівнем*. Середнє значення позначають (0): це *основний рівень*.

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

$$X_i \geq \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta_{xi}} \quad (5.47)$$

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

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

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

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

Повні факторні плани

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

Якщо досліджується вплив двох змінних факторів, то $N=2^2=4$. Для побудови матриці ПФП потрібно перейти до безрозмірних нормалізованих (кодових) позначень змінних факторів (згідно з формулою 5.47). Запровадження нормалізованих значень факторів створює ряд переваг.

Незалежно від фізичної суті та діапазону зміни фактору його нижній рівень у нормалізованих позначеннях дорівнює (-1) , верхній рівень $(+1)$, а основний рівень (0) . Тому матрицю ПФП у нормалізованих позначеннях можна побудувати перебором рівнів (-1) і $(+1)$, нехтуючи конкретними діапазонами зміни кожного з факторів. Приклад ПФП типу 2^2 та 2^3 наведено в табл. 5.2. Таку таблицю називають **планом-матрицею в кодових значеннях**.

Таблиця 5.2. Розгорнутий план-матриця ПФП 22 та 23

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

Наведемо геометричне пояснення ПФП. Для прикладу, ПФП з двома факторами розглянемо як факторну площину, тобто координатну площину, на осі абсцис якої відкладається значення фактору X_1 , а на осі ординат – значення фактору X_2 (рис. 5.13, а).

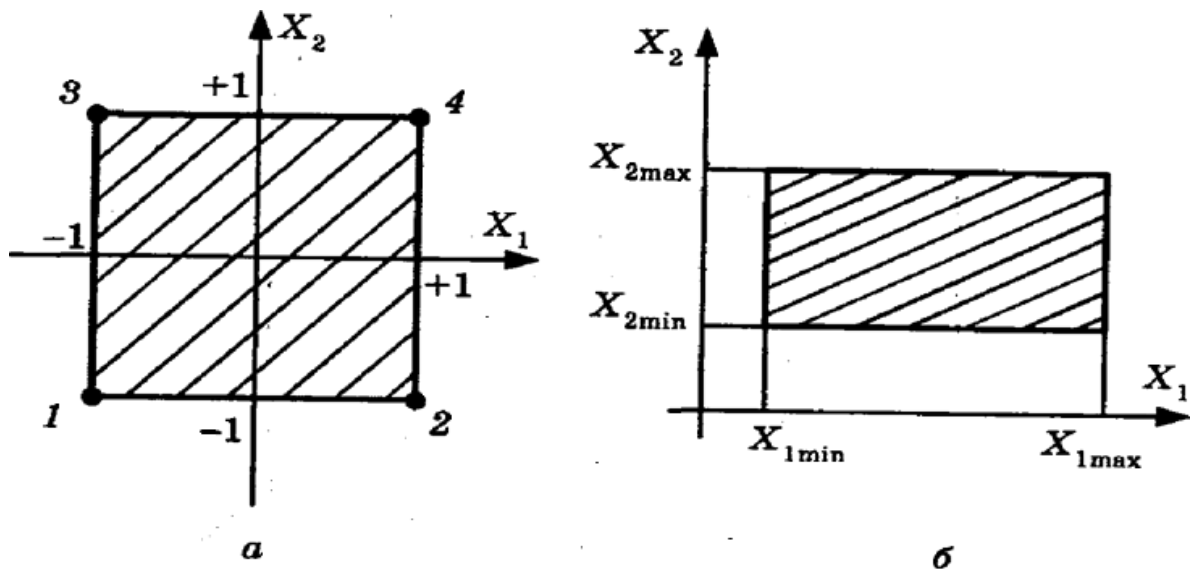


Рис. 5.13. Факторна площина плану з двома факторами: а – у кодових значеннях; б – у натуральних значеннях

Побудуємо на цій площині точки, координати яких відповідають нормалізованим значенням факторів у дослідях 1–4 матриці ПФП 2^2 . Точки цього плану утворюють вершини квадрату, центр якого збігається з початком координат. Площа квадрата – це область зміни кодівих факторів. На факторній площині (рис. 5.13, б) зображені точки цього ж плану в натуральних значеннях факторів. У цих координатах область зміни факторів є площа прямокутника.

Для геометричного зображення ПФП 2^3 потрібний вже факторний простір з трьома факторними осями координат – x_1, x_2, x_3 (рис. 5.14). У нормалізованих координатах номерам дослідів ПФП 2^3 відповідають вершини куба, а в натуральних значеннях факторів – вершини паралелепіпеда.

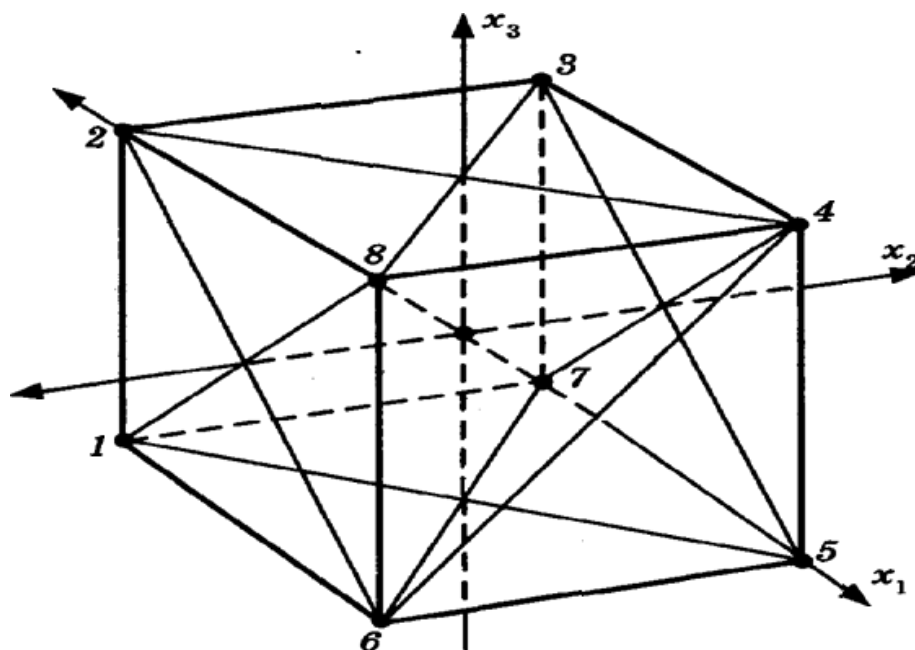


Рис. 5.14. Геометричне зображення ПФП 2^3

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

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

Основними характерними властивостями план-матриць у кодівих значеннях, які визначають точність результатів та

сфери застосування відповідних планів для побудови математичних моделей, є: симетричність, нормованість, ортогональність, рототабельність, уніформність, композиційність. **Симетричними** відносно центра експерименту називають плани, для яких сума чисел будь-якого стовпця дорівнює нулю, тобто:

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} = 0 \quad (\text{для будь-якого } j). \quad (5.48)$$

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

$$\sum_{i=1}^N X_{ji}^2 = N \quad (5.49)$$

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

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} X_{ui} = 0 \quad (\text{для } j \neq u = 1 \dots k) \quad (5.50)$$

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

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^K b_j X_j + \sum_{j=u}^K b_{ju} X_j X_u + \sum_{j=i}^K b_{jj} X_j^2 + \dots \quad (5.51)$$

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

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

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

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

Методика обробки результатів експерименту за повними факторними планами

Методика обробки результатів експерименту включає в себе такі основні етапи:

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

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

Відновлюваність дослідів перевіряється за критерієм Кохрена (G_p):

$$G_p = \frac{S_{i\max}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2} \leq G(q, f_y, f_n) \quad (5.52)$$

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

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n-1} \quad (5.53)$$

де n – кількість повторень (дублювань) кожного дослідів;
 y_{ij} – значення вихідної величини в j -му дублюванні i -го дослідів ($j=1\dots n, i=1\dots N$);

\bar{y}_i – середнє значення вихідної величини в i -му дослідів;

$G(q, f_y, f_n)$ – табличне значення критерію Кохрена, яке обирається за статистичними залежно від: q – рівня достовірності (у більшості випадків $q=0,05$);

f_y – кількості незалежних значень дисперсії ($f_y=N$);

$f_n = n-1$ – числа свободи кожного значення,

де n – кількість дублювань корисного дослідів.

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

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

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

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2 \quad (5.54)$$

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

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{y}_i \quad (5.55)$$

де \bar{y}_i – середнє арифметичне значення параметре оцінки кожного досліду.

Коефіцієнти інших членів рівняння регресії (5.50) визначають за такими формулами:

коефіцієнти біля кожного фактору:

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ji} \bar{y}_i \quad \text{для } (j=1, 2 \dots N) \quad (5.56)$$

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

$$b_j = \frac{1}{N} \sum X_{ji} X_{ui} \bar{y}_i \quad \text{для } (j \neq u, j, u=1.2 \dots n) \quad (5.57)$$

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

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

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

$$|b| \geq t_{n,f} \cdot \Delta b \quad (5.58)$$

де Δb – похибка коефіцієнта, яка визначається за формулою

$$\Delta b = \sqrt{\frac{s_y^2}{n \cdot N}} \quad (5.59)$$

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

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

Якщо за абсолютною величиною значення коефіцієнта менше за його похибку, то коефіцієнт вважають незначним, і відповідний член виключається з рівняння регресії.

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

$$F_{\text{розра}} < F_{\text{табл}}(0,05, f_1, f_2), \quad (5.60)$$

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

$$\begin{aligned} F_{\text{розра}} &= \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_y^2}, \text{ якщо } S_{\text{ад}}^2 > S_y^2 \\ F_{\text{розра}} &= \frac{S_y^2}{S_{\text{ад}}^2}, \text{ якщо } S_{\text{ад}}^2 < S_y^2 \end{aligned} \quad (5.61)$$

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

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n(\bar{y}_j - \bar{y}_i)^2 \quad (5.62)$$

де $f_{\text{ад}}$ – число ступенів свободи дисперсії адекватності $f_{\text{ад}}=N-P$,

де P – число значущих коефіцієнтів рівняння регресії;

y_i – значення параметра оцінки для кожного дослідів, розраховане за одержаним рівнянням регресії в кодових значеннях;

$F_{табл}$ – табличне значення критерію Фішера, що обирається залежно від $f_1 = f_{ад} = N - P$ – числа ступенів свободи дисперсії адекватності та $f_2 = f_y = N(n - 1)$ – числа ступенів свободи дисперсії відновлення.

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

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

Включення в модель усіх взаємодій факторів дає можливість одержувати більш точну характеристику їх впливу на об'єкт дослідження. Однак для оцінки адекватності такої моделі не вистачає ступенів свободи у рівнянні (5.62). Так, двофакторна модель із взаємодією має чотири коефіцієнти для чотирьох дослідів, трифакторна модель – вісім коефіцієнтів для восьми дослідів. Тому доводиться нехтувати деякими взаємодіями, особливо більш високих порядків, або проводити додаткові досліді.

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

Аналіз одержаних результатів

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

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

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

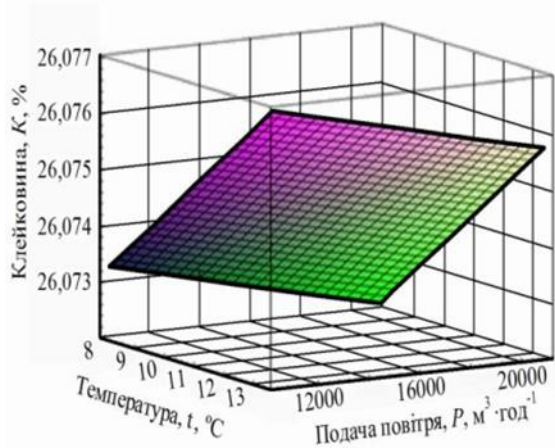
- знаки лінійних коефіцієнтів рівняння регресії несуть дуже важливу інформацію, а саме: якщо коефіцієнт додатний, то вихідна величина зростає зі збільшенням відповідного фактору та зменшується за його зменшення; для коефіцієнтів з від'ємним значенням ця залежність має зворотний характер;

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

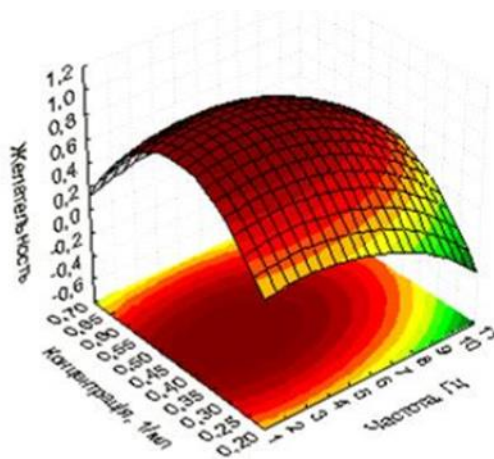
Результат багатofакторного експерименту графічно можна уявити у вигляді поверхні відгуку (рис. 5.15). Якщо всі фактори виявляють лінійний вплив на вихідну величину і процес описується рівнянням першого порядку, то поверхня відгуку буде мати плоску форму (рис. 5.15, а).

Якщо процес описується рівнянням другого порядку, то поверхня набуває криволінійної форми (рис. 5.15, б) і тим більш складної, чим більше факторів виявляють нелінійний характер впливу на величину параметра оцінки досліду.

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



а



б

Рис. 5.15. Приклад графічного відображення багаторфакторного експерименту:

а – лінійна залежність; б – нелінійна залежність

Для одержання математичної моделі у натуральних значеннях факторів необхідно замінити кодові значення факторів на натуральні, використавши залежність (5.47). Але рівняння в натуральних значеннях втрачає важливу інформативність щодо аналізу результатів досліджень, яка характерна для нормалізованих моделей. Тому аналіз результатів досліджень виконують тільки за рівнянням регресії у кодових значеннях.

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

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

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

Для моделі другого порядку з двома змінними факторами вона дорівнює:

$$\frac{dy}{dX_{a(x_i - \bar{x}_i)}} = b_1 + 2b_{11}\bar{X}_1 + b_{12}X_2 \quad (5.63)$$

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

$$\partial_i = \frac{dy}{dX_i} = b_i + 2b_{ui}X_i + \sum_{j=1}^N b_{ij}X_j \quad (5.64)$$

яке дорівнює

$$|\partial_{imax}| = |b_i| - 2|b_{ui}| + \sum_{j=1}^N |b_{ij}| \quad (5.65)$$

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

Оптимізація результатів багатofакторного експерименту

Пошук оптимуму може відбуватись двома способами. Перший полягає в тім, що спочатку отримують рівняння регресії, а потім досліджують його на екстремум. Другим спо-

собом пошук екстремуму здійснюють під час виконання експерименту, не шукаючи загального зв'язку кожного з факторів із вихідним параметром. В останньому випадку застосовують *експериментальні методи оптимізації*.

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

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

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

Розглянемо основні властивості полінома другого порядку.

Графіком функції

$$y = b_0 + b_i X_i + b_{ij} X_i^2 \quad (5.66)$$

є парабола.

Для $b_{ii} > 0$ рівняння (5.66) описує вгнуту криву (гілки параболи спрямовані догори); для $b_{ii} < 0$ – опуклу (гілки параболи спрямовані донизу).

Абсциса вершини параболи (5.66) дорівнює:

$$X_{ib} = -\frac{b_i}{2b_{ij}} \quad (5.67)$$

За умови

$$|b_i| > 2|b_{ij}| \quad (5.68)$$

вершина параболи знаходиться поза діапазоном зміни фактору X_i , таким чином, рівняння (5.66) описує монотонну функцію. Якщо при цьому $b_i > 0$, то ця функція монотонно зростаюча, якщо $b_i < 0$ – монотонно спадна.

За умови

$$|b_i| > 2|b_{ij}| \quad (5.69)$$

функція (5.66) має екстремум середині діапазону зміни фактору X_i (максимум, коли $b_{ij} < 0$, або мінімум, якщо $b_{ij} > 0$).

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

$$y_i = b_i X_i + b_{ij} X_i^2 + X_i \sum_{j=1}^K b_{ij} X_j \quad (5.70)$$

5.5 Комп'ютерні технології в наукових дослідженнях

Застосування ЕОМ у теоретичних дослідженнях

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

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

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

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

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

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

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

статистичних показників, показників регресивного аналізу, матричні обчислення та багато інших, які в першу чергу цікавлять науковців.

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

Деякі завдання наукових досліджень вимагають створення програм із застосування спеціальних сучасних середовищ програмування. Одним із таких середовищ є пакет об'єктно-орієнтовного програмування Delphi, який має досконалий і сучасний графічний інтерфейс, можливості приєднання та використання стандартних функцій Windows, підтримує роботу в локальних мережах, обмінюється даними з іншими програмами в процесі виконання.

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

Використання можливостей Delphi й середовища Windows дозволяє:

- під час розроблення на екрані мати всі елементи керування майбутньою програмою; швидко створювати меню користувача;

- одержувати на екрані комп'ютера зображення, які ілюструють програму, вхідні й вихідні дані у вигляді дво- та тривимірних графіків;

- здійснювати імпорт графічних зображень із графічних редакторів замість програмування графіки;

- контролювати зміну вихідних параметрів впродовж роботи.

Програма **COSMOS** – це модуль аналізу методом скінченних елементів, який інтегрований у систему просторового моделювання Solid Works. Продукт розроблений американською фірмою Structural Research and Analysis

Corporation (SPAC). COSMOS Works призначений для розв'язання задач механіки твердого тіла, яке знаходиться під дією деформацій, а також виявлення температурних деформацій. Програма використовує геометричну модель деталі або складальну одиницю, яка попередньо створюється в програмі Solid Works для формування розрахункової моделі.

Аналіз методом скінченних елементів починається з апроксимації досліджуваної області та поділу її на комірки сітки. Такі комірки називають *скінченними елементами*. В процесі розрахунку можна задати кількість і форму елементів. Під час апроксимації програма розв'язує систему рівнянь, яка описує напруження, що відповідає кожному вузлу сітки скінченних елементів. Результат виводиться на дисплей комп'ютера в графічному вигляді. Величина напруження в точці відповідає відтінкам кольорів на поверхні досліджуваної моделі деталі. COSMOS Works може бути використаний для визначення розподілу напружень або температур у перерізах відповідних і навантажених деталей з інструментальних та конструкційних матеріалів.

Застосування ЕОМ в експериментальних дослідженнях

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

Сучасні методи, методики та технології реалізації експерименту великою мірою орієнтовані на застосування комп'ютера, або передбачають можливість його застосування (рис. 5.16, 5.17). Дослідження, що проводяться з використанням Інтернету, розглядаються як різновид комп'ютеризованих досліджень. Доцільний підбір необхідного комп'ютерного інструментарію є важливим фактором забезпечення належного рівня організації дослідження.

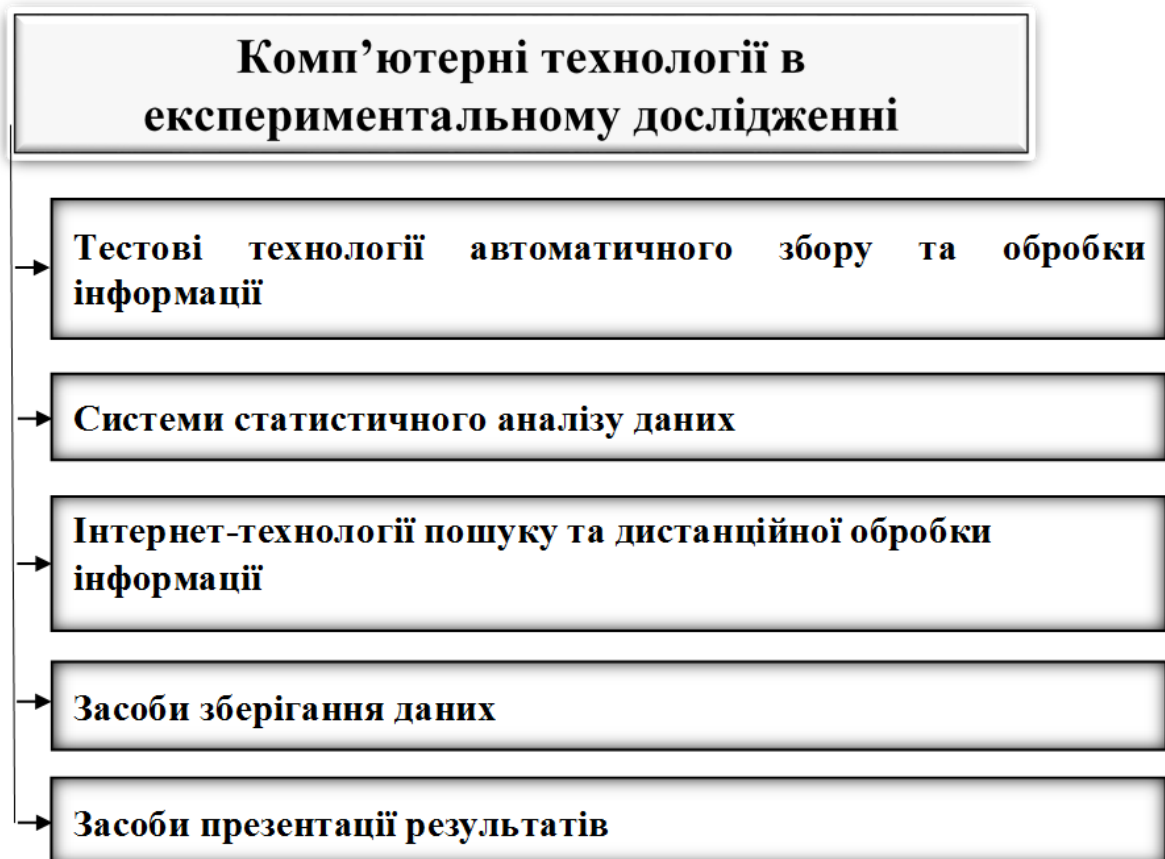


Рис. 5.16. Комп'ютерні технології в експериментальному дослідженні

Використання Інтернет-технологій на різних етапах експерименту



Рис. 5.17. Використання Інтернет-технологій на різних етапах експерименту

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

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

Основні методи залучення учасників до Інтернет-дослідження:

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

З метою збору даних можуть бути застосовані комп'ютерні тестові технології. Електронні технології тестування дають можливість спростити процедури збору, аналізу даних, зберігання даних, запровадити нові методики тестування, охоплюючи інтерактивні, а також здійснювати обстеження в більших масштабах, здійснювати моніторингові дослідження.

Переваги у проведенні Інтернет-досліджень:

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

Недоліки у проведенні Інтернет-досліджень:

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

Розрізняють три основних *варіанта проведення Інтернет-досліджень*:

- за допомогою електронної пошти;
- веб-опитування (онлайн-опитування);
- оффлайнові опитування.

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

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

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

В Інтернет-дослідженнях зустрічаються наступні ***побічні змінні***:

- повторна участь в дослідженні під своїм та чужим іменем;

- обговорення тестових завдань з іншими людьми;
- використання рекомендацій оточуючих при генеруванні відповідей;

- гіпотези стосовно «справжніх» цілей дослідження.

Методи зміцнення контролю:

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

На етапі обробки даних відповідне програмне забезпечення дає можливість візуалізувати закономірності в даних, застосовувати засоби програмування (рис. 5.18).

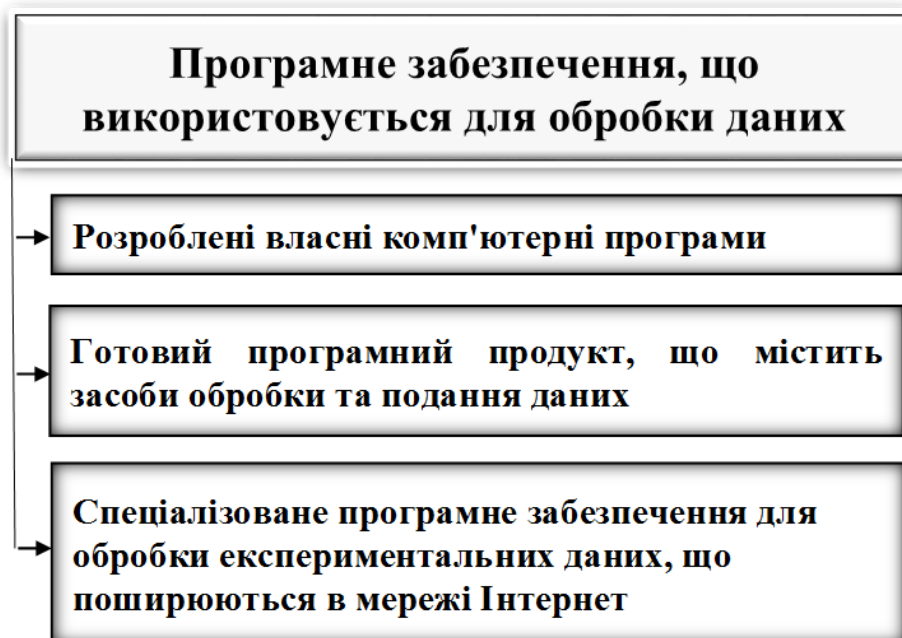


Рис. 5.18. Програмне забезпечення, що використовується для обробки даних

На основі результатів обробки даних можуть бути виявлені деякі закономірності, що можна подати за допомогою графіків, таблиць, діаграм. Це – так званий первинний аналіз даних. Для подання закономірностей можуть бути використані засоби офісного програмного забезпечення (WORD,

EXCEL), комп'ютерних презентацій (POWER POINT), а також спеціалізоване програмне забезпечення для візуалізації даних, наприклад, на сайті Visualizing Statistical Concepts.

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

З метою *статистичної обробки* може бути розроблена спеціальна комп'ютерна програма, призначена для цілей конкретного експерименту; використане *готове програмне забезпечення або дистанційне програмне забезпечення*, що поширюється на сайтах, присвячених статистичному аналізу даних (наприклад, Research Methods and Statistics Links by Subtopic). Після отримання результатів тестування, можливо, виникне необхідність обґрунтування *валідності використаного інструментарію та надійності отриманих висновків*. Особливо це може бути необхідно у тому випадку, якщо для цілей експерименту було розроблено новий тест або методику, або використано тест, стосовно валідності якого нічого не відомо. Під час проведення Інтернет-експериментів можуть виникати певні складнощі у визначенні валідності (рис. 5.19).

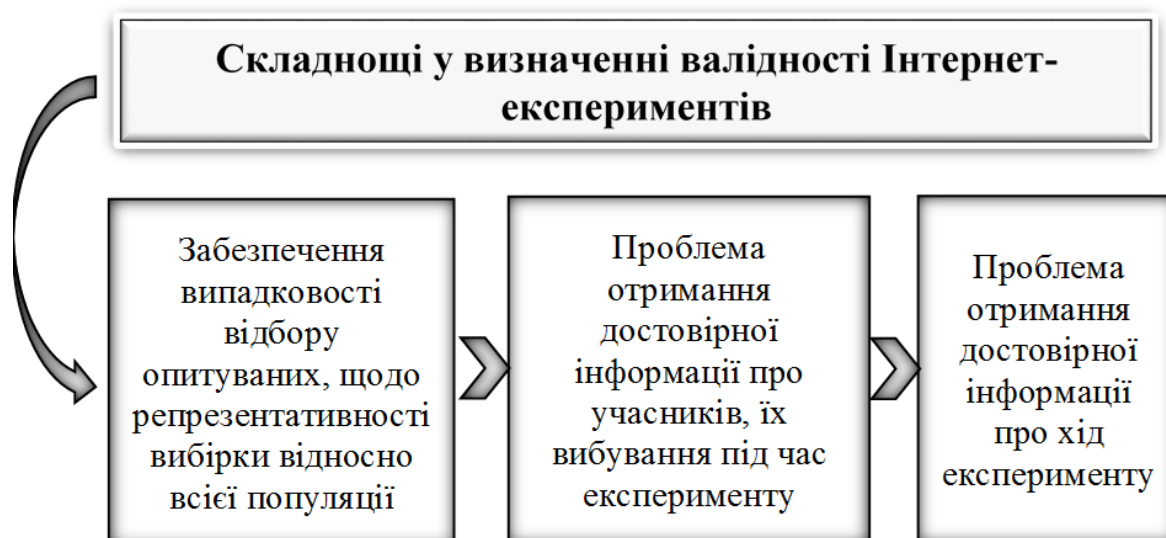


Рис. 5.19. Складнощі у визначенні валідності Інтернет-експериментів

Існують два основні *шляхи визначення зовнішньої валідності Інтернет-досліджень*:

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

Другий порівняння результатів Інтернет-дослідження з теоретично передбаченими тенденціями.

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

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

РОЗДІЛ 6. МЕТОДИ ПОШУКУ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ВИРОБІВ

6.1 Основні етапи процесу рішення проєктних задач і їхнє методологічне забезпечення

Для забезпечення аналізу задач, що виконуються при проєктуванні виробу (технічної системи), розглянемо їхню класифікацію. Для цього технічну задачу представимо у вигляді системи, що складається із трьох елементів: A – вплив; B – об'єкт, що піддають перетворенню; C – результат, що хочуть одержати завдяки перетворенню об'єкта.

Творчий процес вирішення задачі передбачає пошук рішення в умовах невизначеності, нестачі інформації, однак ступінь невизначеності може бути різним і відноситися вона може до різних її елементів. Наприклад, відомі перетворення й впливи A і матеріальний об'єкт B , але невідомий результат C . Якщо мова йде про фізичний результат, значення будь-якого фізичного параметра об'єкта, то зазначений стан елементів A , B , C , характеризує умови стандартної науково-дослідної задачі: визначені фактори і величини їхньої зміни, відомий сам об'єкт (технічна система, матеріал), параметри якого досліджують, розроблена програма дослідження – невідоме значення параметрів, їхній взаємозв'язок з факторами (визначення їх – ціль дослідження). Якщо ж мова йде про технічний результат, зміну технічних і техніко-економічних показників (продуктивності, терміну служби виробу, енергоємності і т.д.), то такий стан елементів A , B , C , відповідає винахідницькій задачі.

Розглянемо декілька прикладів.

1. Відомо, що при нагріванні A всі тіла B розширюються, невідомий технічний результат C , що може бути отриманий

при використанні ефекту теплового розширення. У цій ситуації його виявлення, наприклад передача точних мікропереміщень об'єкту під об'єктивом мікроскопа, може дати технічне рішення: пристрій для мікропереміщення об'єктів, що містить стрижень із нагрівачем, один кінець якого зв'язаний з об'єктом, а інший жорстко закріплений.

2. Визначені впливи A , відомий технічний результат C , невідомий об'єкт B . У цьому випадку технічна задача може бути вирішена вибором (застосуванням, розробкою) нового матеріалу або конкретної технічної системи (вузла, агрегату), при відомому впливі A на нього, що визначає досягнення результату C . Наприклад, необхідний результат C – зниження коефіцієнта тертя й коефіцієнта теплопередачі між гарячим деформовуваним металом і холодним інструментом (оправкою) при прокатці труб (цим забезпечується зменшення енергосилових параметрів процесу, зменшення розігріву і зношування інструмента). Для досягнення такого результату необхідно змащення B нанести на поверхню оправки (нанесення змащення – це тип впливу A , він відомий). Приміром, задача вирішується розробкою або вибором конкретної мастильної речовини, яким став, наприклад, порошок триполіфосфата натрію.

3. Відомі матеріальний об'єкт B і необхідний результат C , невідомо, як перетворити об'єкт B (вплинути на нього), щоб досягти C , тобто невідомо A . Це типова винахідницька задача – перетворення технічного об'єкта проводиться з певною метою. Наприклад, C – зручність транспортування стружки від металорізальних верстатів, B – стружка. Приміром, задача вирішується впливом A на стружку B біжним магнітним полем.

Три наведених випадки ілюструють один із крайніх станів, коли не визначений лише один із трьох компонентів задачі. На практиці ж частіше зустрічаються випадки, при яких невизначених компонентів більше одного. Для усунення цієї

невизначеності вводиться таке поняття, як коефіцієнт визначеності K , що характеризує кількісно наявну інформацію, необхідну для правильного вибору елемента технічної задачі (якщо $K=1$ – елемент цілком визначений, якщо $K=0$ – цілком вивита невизначеність у виборі потрібного елемента). При застосуванні його до кожного з елементів A, B, C , то утворюється набір показників: K_a, K_b, K_c – коефіцієнти визначеності впливів, об'єктів і результатів. Дана сукупність показників може характеризувати клас, рівень і стан технічної задачі, а їхній добуток дає коефіцієнт визначеності всієї задачі K_{abc} ($K_a \cdot K_b \cdot K_c = K_{abc}$). Чим вище K , тим тривіальніше технічна задача, тим менш винахідницькою вона є. Коли $K_{abc} \rightarrow 1$, ми маємо справу із самою звичайною інженерною задачею, усі компоненти якої, практично повністю визначені.

Творчий рівень технічного рішення можна оцінювати по кількості проб і помилок, необхідних для знаходження потрібного варіанта. Тоді коефіцієнт визначеності K можна представити як величину, зворотну кількості проб N : $K_a = 1/N_a$; $K_b = 1/N_b$; $K_c = 1/N_c$ (N_a – кількість варіантів перетворень; N_b – кількість варіантів об'єктів, матеріалів; N_c – кількість варіантів результатів, технічних параметрів).

У міру відбраковування випробуваних варіантів, «порожніх проб», коефіцієнт визначеності задачі росте за рахунок зменшення числа варіантів, що залишилися.

Практика рішення проєктних задач показує, що людина, яка засвоїла основні існуючі прийоми і методи пошуку нових технічних рішень і має певний винахідницький досвід, користується не всіма прийомами і процедурами, що пропонують відомі методики, а лише їх окремими найбільш сильними розділами (блоками), розставленими в певній послідовності (вона може змінюватися залежно від типу проблемної ситуації). Виробляється як би свій власний скорочений варіант «алгоритму».

У той же час дослідження, проведені інженерами (винахідниками), мають ряд загальних етапів, рис і використовуваних прийомів, що дозволяє представити процес рішення технічної задачі у вигляді схеми, що складає з декількох найбільш характерних частин (рис. 6.1).

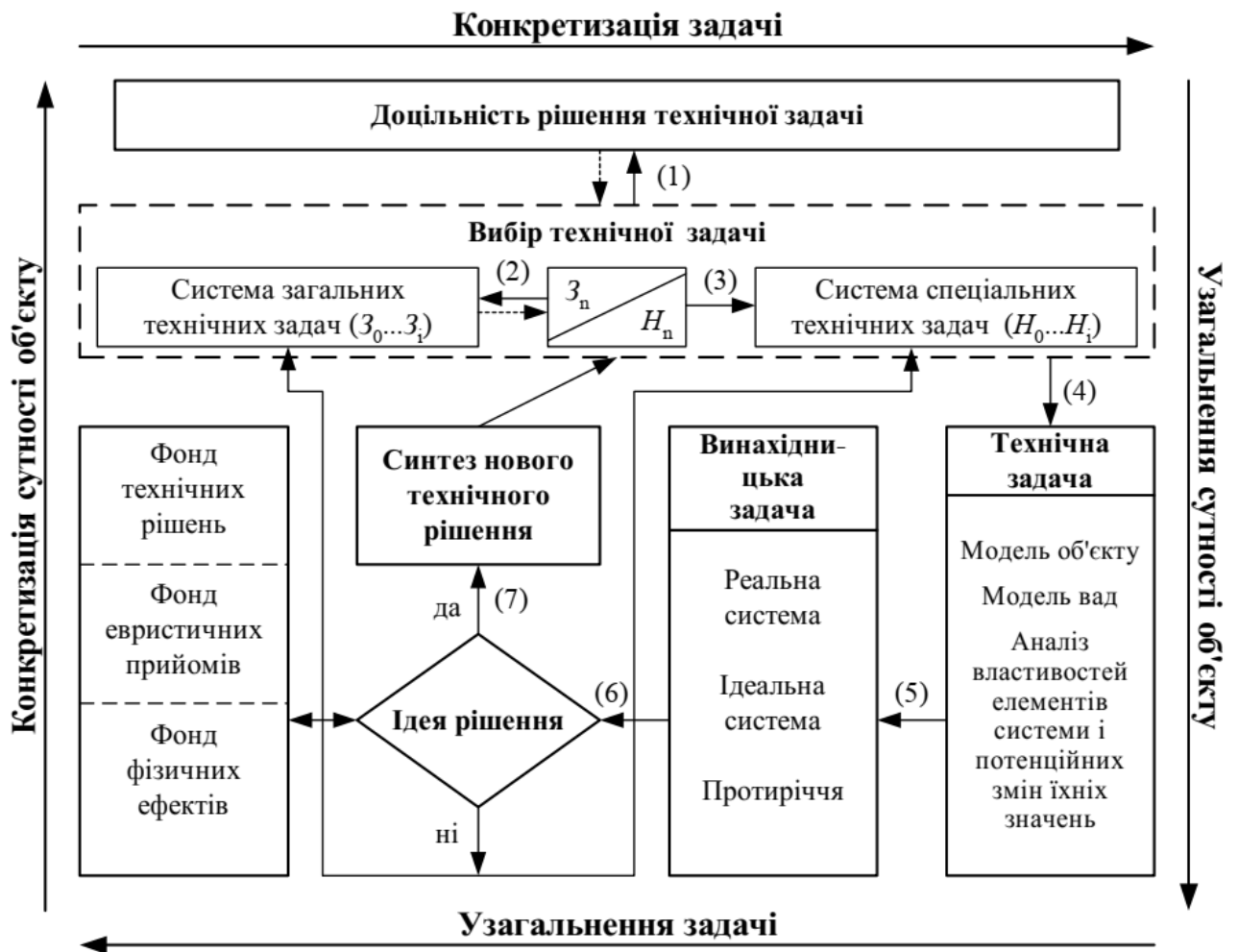


Рис. 6.1. Схема циклу рішення технічної задачі.

Короткий зміст етапів рішення проектної задачі, і їхнє методологічне забезпечення представлено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Основні етапи проєктування виробу і їхнє методологічне забезпечення

Етап	Найменування і зміст етапу	Методологічні засоби
0	<i>Виявлення недоліку</i> Аналіз технічних потреб споживачів і технічних можливостей системи, їхнє порівняння, формулювання протиріччя між ними.	Узагальнений евристичний алгоритм. Обернений мозковий штурм.
1	<i>Визначення доцільності рішення</i> Аналіз технічних, техніко-економічних, економічних, соціальних і інших показників виконуваної роботи; корисності і ефективності від усунення вад, можливих витрат на проведення роботи.	Узагальнений евристичний алгоритм.
2	<i>Аналіз надсистеми</i> Виявлення зв'язків технічної системи з іншими системами, аналіз сукупності цих систем на початковому і більш високих ієрархічних рівнях.	Морфологічний аналіз. Способи і методи системного аналізу.
3	<i>Аналіз системи і підсистем, вибір задачі</i> Визначення структури технічної системи і її елементів на різних ієрархічних рівнях. Аналіз сукупності виникаючих технічних задач, оцінка доцільності рішення кожної з них, вибір конкретного технічної задачі.	Морфологічний аналіз. Способи і методи системного аналізу. Побудова логічних ланцюгів причинно-наслідкових зв'язків вад із їхніми причинами. Узагальнений евристичний алгоритм.

4	<p><i>Аналіз технічної задачі</i> Аналіз структури об'єкту, побудова його моделі, визначення можливостей його перетворення.</p>	<p>Узагальнений евристичний алгоритм. Морфологічний аналіз. Способи і методи теорії подоби і моделювання, експериментальних і теоретичних досліджень.</p>
5	<p><i>Формулювання умов винахідницької задачі</i> Характеристика технічної системи і формулювання ідеального результату, виявлення і уточнення технічного протиріччя.</p>	<p>Узагальнений евристичний алгоритм</p>
6	<p><i>Пошук ідеї рішення</i> Зіставлення винахідницької задачі з вирішеними технічними задачами, пошук аналогів. Вибір шляхів досягнення ідеального результату і нових принципів дії.</p>	<p>Фонд фізичних ефектів. Фонд технічних рішень. Фонд евристичних способів і таблиці усунення технічного протиріччя. Узагальнений евристичний алгоритм. Мозковий штурм. Синектика. Метод контрольних питань. Асоціативні методи пошуку технічних рішень. Морфологічний аналіз.</p>
7	<p><i>Синтез нового технічного рішення.</i> Закріплення функцій, необхідних для ідеї рішення (принципу дії), за елементами технічної системи і їхнє перетворення</p>	<p>Морфологічний аналіз. Синтез технічної системи із залученням матриці потенційних змін властивостей елементів системи. Узагальнений евристичний алгоритм.</p>

6.2 Постановка задачі, формулювання умов та пошук ідеї рішення

Коли можливості будь-якої технічної системи не відповідають (або не стануть у майбутньому відповідати) споживчим потребам, то вона стає потенційним об'єктом рішення науково-технічної задачі, ціль якої – усунення виявленої вади.

При виявленні технічних вад зростаючу роль відіграють методи науково-технічного прогнозування, що дозволяють передбачити попит споживачів, технічні можливості системи і невідповідність між ними в більш-менш віддаленому майбутньому, з «поправкою на час». Прогнозування – форма творчої діяльності, що дозволяє вчасно (з випередженням) поставити нові задачі і вирішити їх до моменту прояву вади.

Слід відзначити, що успішний прогноз задач, які ще не мають практичної важливості сьогодні, забезпечує, як правило, і новизну рішень і полегшує їхній правовий захист.

У зв'язку з існуванням певної структури технічної системи, їхньої сукупності і ієрархії, а також параметрів, що характеризують технічну і суспільну (потреби споживачів) системи, виникає ряд пов'язаних з ними і похідних від них систем: технічних вад і причин їх виникнення, задач і цілей. Вони також володіють відповідною технічним системам структурою (елементами і зв'язками між ними) і ієрархією: якісь технічні вади і задачі є частками стосовно одного або декількох більш загальних, але є і ще більш загальні, і ще більш спеціальні.

Вибір технічної задачі припускає попередній аналіз системи задач і у такій формі стає творчим етапом, від успіхів якого істотно залежить і кінцевий результат.

Іноді задачі пропонуються у варіанті вже обраному кимось. Наприклад, одна із задач: «Дахи від снігу очищають вручну лопатами, що трудомістко і небезпечно. Необхідно

запропонувати механізм для очищення дахів від снігу». При уважному аналізі виявляється, що ця задача походить не від вади, пов'язаної з ручною працею по очищенню, а від вихідної вади, властивої системі: по краях даху при таненні снігу утворюється намерзлий лід (бурульки), що становить небезпеку для людей, що знаходяться унизу, а потала вода псує стіни під карнизом.

При цьому технічна задача щодо запобігання намерзлого льоду по краях даху є більш загальною стосовно спочатку сформульованого і породжує обхідні варіанти.

Перевірка обхідних варіантів узагальненням, розглядом сукупності задач у надсистемі дозволяє усунути помилки, зроблені при формулюванні спеціальних задач, і знаходити ефективні шляхи рішення більш загальних проблем.

У згаданому випадку, одним із правильних і вдалих рішень став спосіб видалення снігу з даху, по якому пропонується використовувати тепломережу в будинках з верхнім розведенням для обігріву даху (при цьому дах повинен бути похилим і з лійкою для відводу води).

Тут ми зіштовхуємося з поняттям «обхідна задача» – тобто така, що впливає не з вихідної, спочатку сформульованої, а з більш загальної задачі, стосовно якої обидві вони є спеціальними (паралельними).

Наочно обхідний шлях можна продемонструвати в такий спосіб. Допустимо, виявлена вада, її усунення це задача z_{211} (рис. 6.2). Необхідно з'ясувати причину її появи, розглянути більш загальні задачі: z_{21} , z_2 . Аналіз однієї з більш загальних задач, наприклад z_2 , розкриває інші спеціальні задачі і шляхи рішення проблеми, наприклад, такий «обхідний» шлях: $z_2 \rightarrow z_{22} \rightarrow z_{222} \rightarrow z_{2221}$. Причому цей шлях є «обхідним» стосовно вихідної (паралельної) задачі z_{221} , але «прямим» стосовно більш загальної z_2 .

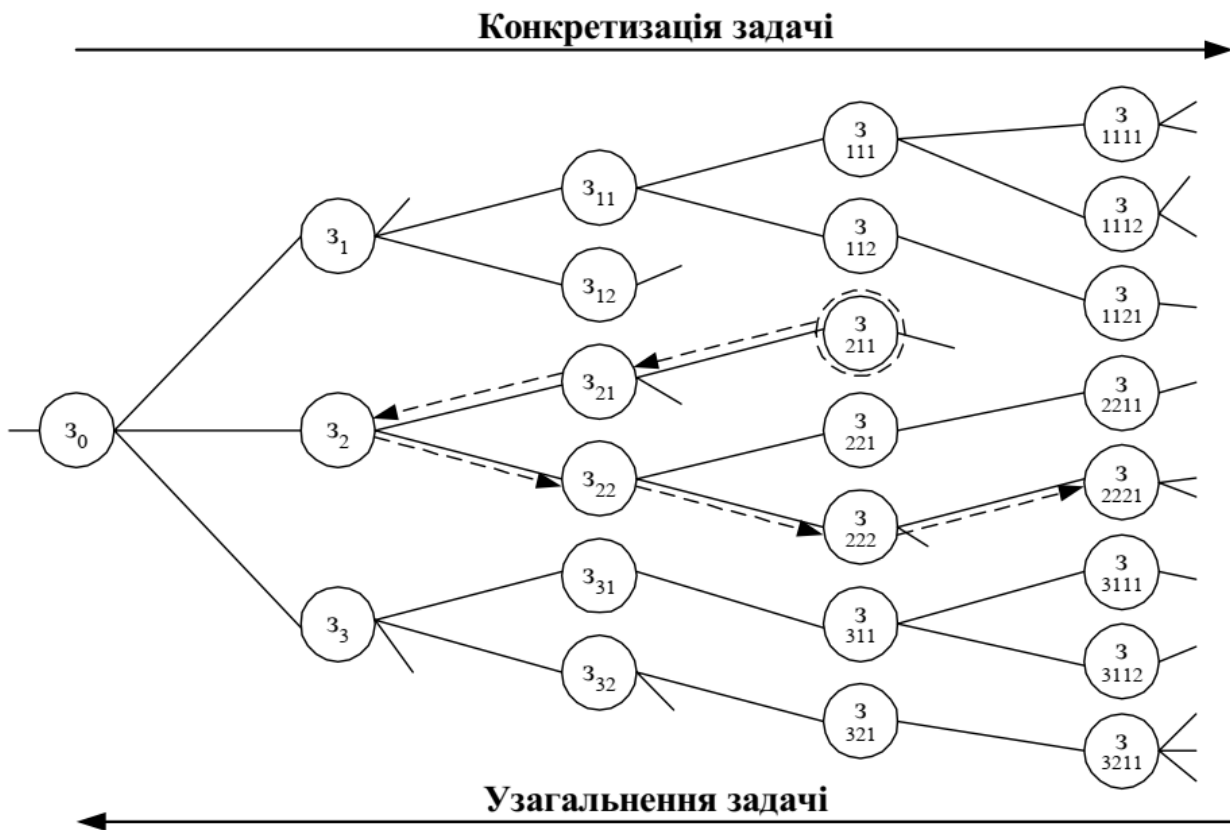


Рис. 6.2. Система науково-технічних задач

Для того щоб представити систему технічних задач, необхідно, по-перше, «угледіти» структуру самої технічної системи і надсистеми, а також їхній технічний стан (можливості); по-друге, система своїх (споживачів) потреб і бажань; по-третє, зіставити ці дві системи і сформулювати технічну ваду і задачу.

При рішенні «прямих» і більш спеціальних задач зручно користуватися методом виявлення причин технічних вад і побудови логічних ланцюгів причинно-наслідкових зв'язків вад з їхніми причинами. Метод, по суті справи, звичайний інженерний аналіз, при якому, поряд з логічними умоглядними дослідженнями системи, можуть проводитися більш глибокі, спеціальні експерименти і теоретичні дослідження. Для цього причина вади сама представляється вадюю, у якої є одна або кілька причин, і т.д. Якщо в процесі такого аналізу ми потрапляємо в ситуацію, коли не можемо назвати причину вади, механізм її появи, то ця технічна задача перетворюється в наукову, ціль якої – одержання нових

знань про об'єкт дослідження.

У принципі кожна з ланок системи (рис. 6.2) може бути узята як відправний пункт при рішенні технічної задачі, але важко назвати будь-який однозначний критерій вибору. Ним може бути швидкість і легкість впровадження, ресурси часу і сил, можлива економія, поліпшення безпеки праці чи ін.

Можна вибрати у якості задачі усунення першопричини виявленої вади або елемент системи, з яким пов'язано найбільша кількісна зміна вади, але в кожному разі такому вибору передують докладний аналіз.

6.3 Аналіз технічної задачі

За умовами технічної задачі розглядають систему, що володіє вадами і складається з елементів $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_i, \dots, \mathcal{E}_n$ і якій притаманні вади. Елементи пов'язані між собою, і кожен елемент виконує ту або іншу функцію, що у якійсь мірі визначають основну функцію, для виконання якої система призначена. На даному етапі проєктування необхідно провести дослідження технічної системи, установити структуру, а також параметри, що характеризують її роботу.

Для цього варто скласти список основних елементів технічної системи, без яких принципово неможливо її функціонування. Перелічити інші її елементи, розташували їх у порядку функціональної значимості для існування і функціонування системи, скласти матрицю зв'язків всіх елементів.

Важливо визначити головну функцію (призначення) системи, з'ясувати, які основні і допоміжні параметри можуть якісно і кількісно характеризувати її роботу, які фактори впливають на параметри системи і у чому полягає механізм їхнього впливу. Таким чином, на цьому етапі необхідно з'ясувати основний принцип і механізм дії досліджува-

ної системи. Крім того, вивчається науково-технічна література, присвячена дослідженню технічної системи, а також можливе додаткове проведення відповідних наукових досліджень.

Основна мета – одержати (математичну і/або фізичну) адекватну модель об'єкта. Всі наступні дослідження і перетворення в процесі рішення задачі належать до модельних експериментів.

Похідною від отриманої моделі системи є модель технічної вади. Необхідно з'ясувати, який параметр технічної системи може якісно і кількісно характеризувати її, які причини цієї вади, які елементи системи пов'язані з його появою і зміною, варто також установити, які фактори, що діють на систему, і параметри, що визначають її роботу, впливають на величину параметра, що характеризує технічну ваду. Рекомендується скласти таблицю зв'язків елементів, факторів і параметрів технічної системи з вагою. Після побудови моделі технічної системи (і моделі, що впливає з технічної вади) треба спробувати вирішити задачу шляхом стандартних перетворень (доцільно використовувати фонд «стандартів» на рішення технічних задач, представлений в розділі 6.4).

Якщо інженерним або конструкторським шляхом технічну задачу в результаті таких спроб не вирішено, необхідний її подальший більш глибокий аналіз із переведенням у клас науково-технічних задач.

На цьому етапі важливо також з'ясувати можливості зміни технічної системи і межі таких змін. Для цього використовується метод аналізу властивостей.

Розглянемо два предмети: скляну склянку і лінзу. Якщо проаналізувати сукупність властивостей, що характеризують обидва ці об'єкти, то зрештою виявиться, що різниця між ними може бути лише у формі, масі і складі скла.

Або візьмемо два однакових залізних стрижні і один з

них намагнітимо, перетворивши в постійний магніт. Різниця між цими об'єктами буде в значеннях тільки однієї властивості.

Інженер може описати будь-який матеріальний об'єкт або явище декількома сотнями властивостей. Але для багатьох об'єктів у певній області техніки список властивостей, що змінюються, значення яких характеризують ці об'єкти, може бути (у спрощеному варіанті) представлений лише декількома десятками.

У принципі будь-який об'єкт можна розглядати як певну безліч властивостей, кожна з яких приймає в конкретному випадку визначене значення. Геометричні, кінематичні, динамічні, фізико-хімічні, тепло- і електротехнічні, оптичні і інші властивості характеризують будь-який об'єкт. Наприклад, така властивість, як швидкість переміщення, може описувати стан будь-якого об'єкту, у тому числі автомобіля, що рухається, і нерухомої будівлі. Але значення його будуть різні для цих об'єктів в одному випадку швидкість дорівнює 60 км/год., а в іншому – нулю.

Якщо ми візьмемо будь-який елемент системи і визначимо значення кожної властивості із загального списку властивостей матеріальних об'єктів, то в такий спосіб ми опишемо цей елемент.

Розглянемо опис технічної системи в матричній формі. Матриця властивостей будується в такий спосіб: по вертикалі розташовується їхній список, по горизонталі – список елементів технічної системи, а на перетинанні рядків і стовпців (в осередках матриці) – значення властивостей (параметрів) елементів.

Наступний крок – визначення потенційних змін властивостей елементів системи. Підхід, покладений в основу методу аналізу властивостей, припускає широкі можливості зміни значень багатьох властивостей у кожному об'єкті. Але завжди є властивості, у яких значення змінюються в до-

силь вузьких межах або практично не змінюються. Це в першу чергу ті, що визначають поняття про об'єкт. Наприклад, склянку визначає в основному форма, співвідношення розмірів, тобто конкретний інтервал значень деяких геометричних властивостей (параметрів), завдяки яким він стає склянкою. Лінзу ж визначають не тільки значення геометричних параметрів, але і оптичні властивості матеріалу.

Для того щоб з'ясувати, у чому й наскільки варто змінювати нашу систему, потрібно проаналізувати й оцінити можливий інтервал зміни значення кожної властивості. Така оцінка може відбуватися за допомогою балів по певній шкалі. Наприклад, в одному з найпростіших випадків це трибальна шкала: якщо значення властивості змінюються в широких межах, ставиться «+», у вузьких межах «0», а якщо їх змінити не можна «-».

Характеристика потенційних змін властивостей елементів системи може бути представлена в матричній формі. Ця матриця так само, як і описана раніше, містить по вертикалі список властивостей, а по горизонталі – список елементів технічної системи. В матриці містяться оцінки можливості зміни значень тієї або іншої властивості (у ній передбачено і допоміжний стовпчик для елемента «х», у якій надалі при пошуку ідеї рішення будуть закодовані нові властивості й функції системи).

Згадані дві матриці можна сполучити в одну, заклавши одночасно й існуюче значення властивості елемента, і оцінку можливостей його зміни.

Крім того, аналіз властивостей елементів сприяє тренуванню й розвитку уяви, зниженню дії психологічної інерції. Установлюючи межі зміни значень властивостей, ми подумки уявляємо елемент при найбільшому й найменшому значеннях властивості.

Такий підхід зручний тим, що він дозволяє відійти від уявлень про конкретний об'єкт на загальний для всіх, що належать даному класу об'єктів. При цьому будь-який

об'єкт описується тим самим набором параметрів, а кожен окремо взятий параметр уже не характеризує сам об'єкт, тому що описує тільки одну властивість із безлічі інших і при цьому значення даної властивості може бути однаковим для зовсім різних об'єктів. Таким чином, у зовсім різних предметах й явищах можна побачити щось загальне, провести між ними аналогію, підставою для якої є збіг або близькість значень окремих властивостей цих, у цілому різних, об'єктів.

Формулювання умов задач, пошук ідеї рішення

Технічна задача, не вирішена за допомогою традиційних, стандартних інженерно-конструкторських прийомів, підлягає переводу в клас науково-технічних (винахідницьких) задач і наступній обробці: формулюванню умов задачі й пошуку ідеї її вирішення.

Умови задачі повинні складатися із трьох елементів: моделей технічної системи і її вади, ідеального кінцевого результату й технічного протиріччя, виявленого в результаті порівняння цих двох елементів.

Значення формулювання ідеального кінцевого результату полягає в тому, щоб одержати орієнтир для руху до технічних рішень високого рівня. Ідеальне вирішення – найбільш сильне із всіх мислимих і немислимих рішень даної задачі.

Існують наступні принципи досягнення ідеальності технічного виробу (системи):

- необхідно одержувати корисний результат від дії або засобу без самої дії або засобу («одержати даром, безкоштовно»);
- у кожний момент часу й у кожній точці простору у виробі повинні бути тільки ті властивості й взаємодії, які необхідні для одержання корисного результату («нічого зайвого»);

- необхідно максимально використовувати наявні властивості й взаємодії елементів системи і її оточення, усувати втрати й відходи («із зайвого – максимальну користь»);

- необхідно доводити до мінімуму витрати часу на одержання корисного результату («одержати одразу, миттєво»).

Перші три принципи ідеальності являють собою поетапний відступ від абсолютно ідеальної системи до реальності. Реалізація першого принципу можлива за рахунок використання виходів сусідніх систем й оточення (найчастіше некорисних).

При вирішенні науково-технічної задачі необхідно максимально наблизитися до ідеального кінцевого результату, різко поліпшити якісь показники, не погіршивши інші. Ідеальність вирішення досягається тим, що потрібний ефект досягається «даром», без використання яких би те не було засобів. Наприклад, ідеальний корабель: корабля немає, а вантаж самостійно транспортується. Такі рішення існують – це плоти, цілком складені з вантажу. Таким рішенням є змієподібний корабель: невелика моторна секція (голова) тягне довгий гнучкий состав з контейнерів (тулуб).

Від формулювання ідеального кінцевого результату залежить вибір подальшого напрямку пошуків, і отже, це один із творчих етапів, що визначають успіх усього рішення.

Формулювання ідеального результату містить бажані властивості, функції, дії (результату) за будь-яким елементом. Можна шляхом визначення елемента, що найбільшою мірою піддається змінам, і приписуючи йому бажаний результат, – таке формулювання ідеального результату значно звужує напрямок подальшого пошуку й обмежує його рядом конструктивних змін.

Якщо у ролі такого елемента завжди брати «зовнішнє середовище», то поле пошуку розширюється, і серед варіантів рішення задачі залишаються не тільки конструктивні, але й технологічні рішення, пов'язані зі зміною значення

однієї із властивостей (параметрів) елементів системи. Необхідно мати на увазі, що можливості зміни значень властивостей «зовнішнього середовища» безмежні, і у зв'язку із цим вона може здобувати форму будь-якого елемента, предмета або явища.

Технічні протиріччя умовно поділяють за ступенем конкретизації на технічні й фізичні.

Технічні протиріччя можна представити у вигляді: «якщо поліпшувати параметр A відомим шляхом, тоді неприпустимо погіршується параметр B » або «елемент A повинен виконувати дію B (мати будь-які необхідні властивості), але він не може його виконати (не має необхідних властивостей)». Наприклад, «якщо збільшити міцність конструкції, то неприпустимо зросте її вага» або «трубопровід повинен сам регулювати свій переріз, але його внутрішня частина не може звужуватися й розширюватися».

Фізичні протиріччя можна представити у вигляді: «елемент A повинен виконувати дію B_1 (мати якусь властивість) для того, щоб здійснювалося C_1 , але елемент A також повинен виконувати дію B_2 (мати протилежну властивість) для того, щоб здійснювалося C_2 » або «елемент A (властивість елемента) повинен (повинне) бути й не повинен (не повинне) бути». Наприклад, «елемент повинен бути провідником для того, щоб пропускати електричний струм у напрямку 1, і повинен бути діелектриком для того, щоб не пропускати електричний струм у напрямку 2» або «електропровідність повинна бути і її не повинне бути».

Після цього здійснюємо пошук ідеї рішення (принципу) дії, що дозволяє дозволити (перебороти) виявлене протиріччя.

На рівні технічного протиріччя пошук ідеї рішення може, зокрема, проводитися із застосуванням типових прийомів подолання протиріччя і фонду евристичних прийомів:

- *Принцип дроблення.* Розділити об'єкт на частини, виконати розбірним, збільшити ступінь дроблення.

- *Принцип винесення.* Відокремити від об'єкта частину, що заважає (властивість) або виділити єдино потрібну.
- *Принцип місцевої якості.* Перейти від однорідної структури об'єкту (процесу) до неоднорідного. Різні частини об'єкта повинні мати різні функції й характеристики, що найбільш відповідають їхній роботі.
- *Принцип асиметрії.* Перейти від симетричної форми до асиметричної.
- *Принцип об'єднання.* З'єднати (об'єднати) у просторі або часі однорідні або суміжні операції (об'єкти).
- *Принцип універсальності.* Об'єкт виконує функції інших об'єктів (тих, у яких тепер немає потреби).
- *Принцип «матр'юшки».* Один об'єкт розміщений усередині іншого, проходить крізь порожнину в іншому об'єкті, інший – усередині третього й т.д.
- *Принцип антиваги.* Компенсувати вагу об'єкту сполученням з іншими об'єктами, що володіють підйомною силою, або взаємодією із середовищем (за рахунок аеро-, гідродинамічних й інших сил).
- *Принцип попередньої напруги.* Заздалегідь додати об'єкту деформації (напруги), протилежні небажаним.
- *Принцип попереднього виконання.* Заздалегідь виконати необхідну зміну об'єкту (повністю або частково), розставити об'єкти так, щоб вони могли вступити в дію з мінімальними витратами часу на їхню доставку.
- *Принцип «заздалегідь підкладеної подушки».* Компенсувати невисоку надійність об'єкту підготовленими аварійними засобами.
- *Принцип рівнопотенційності.* Змінити умови роботи так, щоб не доводилося піднімати або опускати об'єкт.
- *Принцип «навпаки».* Замість дії, що обумовлена, здійснити зворотну дію; зробити частину, що рухається, нерухомою, а нерухому – такою, що рухається; перевернути об'єкт.

- *Принцип сферіодальності*. Перейти від прямолінійних частин об'єкту до криволінійних, від плоских поверхонь до сферичних; використати ролики, кульки, спіралі.

- *Принцип динамічності*. Характеристики об'єкту повинні змінюватися так, щоб бути оптимальними на кожному етапі роботи; розділити об'єкт на відносно рухомі частини; нерухомий об'єкт зробити рухомим.

- *Принцип часткового або надлишкового рішення*. Якщо важко одержати 100% необхідної дії, треба одержати ледве менше або ледве більше.

- *Принцип переходу в інший вимір*. Збільшити число ступенів свободи об'єкту перейти від руху по лінії, в одному вимірі, до руху в декількох вимірах, по площині, у просторі; застосувати багатоповерхове компонування замість одноповерхового використати зворотний бік поверхні.

- *Принцип використання механічних коливань*. Привести об'єкт у коливальний рух; змінити частоту; використати резонансні й ультразвукові частоти.

- *Принцип періодичної дії*. Перейти від безперервної дії до періодичної, змінити періодичність.

- *Принцип безперервності корисної дії*. Вести роботу безупинно, усунути неробочі й проміжні ходи; перейти від зворотно-поступального до обертового руху.

- *Принцип «проскакування»*. Перебороти окремі, у тому числі шкідливі й небезпечні стадії процесу на підвищеній швидкості.

- *Принцип «звернути шкоду на користь»*. Використати шкідливі фактори для одержання позитивного ефекту; підсилити шкідливий фактор настільки, щоб він перестав бути таким; компенсувати один шкідливий фактор іншим.

- *Принцип зворотного зв'язку*. Ввести зворотний зв'язок, якщо він вже є – змінити його.

- *Принцип «посередника»*. Використати проміжний об'єкт-переносник.

- *Принцип самообслуговування.* Об'єкт повинен сам себе обслуговувати, виконувати допоміжні й ремонтні роботи, використати відходи речовини, енергії.

- *Принцип копіювання.* Замість недоступного, складного, дорогого, незручного або тендітного об'єкту використати його спрощені й дешеві копії, у тому числі оптичні видимі інфрачервоні й ультрафіолетові, у зміненому масштабі й т.д.

- *Принцип заміни дорогої довговічності на дешеву недовговічність.* Замінити дорогий об'єкт набором дешевих, поступившись при цьому деякими якостями (наприклад, довговічністю).

- *Принцип заміни механічної схеми.* Замінити механічну схему електричною, оптичною, тепловою, акустичною або «запаховою»; використати електричні, магнітні й електромагнітні поля для взаємодії з об'єктом; перейти від стаціонарних полів до тих, що змінюються.

- *Принцип використання пневмо- і гідроконструкцій.*

- Замість твердих частин об'єкту використати газоподібні й рідкі: надувні й гідронаповнювані, повітряну подушку, гідростатичні й гідрореактивні.

- *Принцип використання гнучких оболонок і тонких плівок.* Замість об'ємних конструкцій використати гнучкі оболонки й тонкі плівки, ізолювати з їхньою допомогою об'єкт від зовнішнього середовища.

- *Принцип використання пористих матеріалів.* Зробити об'єкт або його частини пористими, заповнити пори будь-якою речовиною.

- *Принцип зміни кольору.* Змінити колір або ступінь прозорості об'єкта або зовнішнього середовища, використати барвні добавки, мічені атоми.

- *Принцип однорідності.* Об'єкти, що взаємодіють з даним об'єктом, повинні бути зроблені з того ж матеріалу (або близьким до нього по властивостях).

- *Принцип відходів або регенерації частин.* Частина об'єкту, що виконала своє призначення або, що стала непотрібною повинна бути відкинута (розчинена, випарувана й т.д.) або видозмінена; частини, що йдуть до витрат, повинні відновлюватися в ході роботи.

- *Принцип зміни фізико-хімічних параметрів об'єкту.* Змінити агрегатний стан об'єкту, хімічний склад; концентрацію або консистенцію, ступінь рідини, температуру, об'єм.

- *Принцип використання фазових переходів.* Використати зміну параметрів, що відбувається при фазових переходах: зміна обсягу, виділення або поглинання тепла й т.д.

- *Принцип використання термічного розширення.* Використати термічне розширення й стискання матеріалів, застосувати матеріали з різними коефіцієнтами термічного розширення.

- *Принцип використання сильних окислювачів.* Уводити збагачене повітря або кисень, вплинути на них іонізуючими випромінюваннями, застосовувати озонований кисень.

- *Принцип зміни ступеня інертності.* Замінити звичайне середовище нейтральним, увести в об'єкт нейтральні частини й добавки, проводити процес у вакуумі.

- *Принцип використання композиційних матеріалів.* Перейти від однорідних матеріалів до композиційних.

На рівні фізичного протиріччя, пошук ідеї рішення може, зокрема, проводитися із застосуванням фондів і показників фізичних, фізико-хімічних й інших ефектів й явищ.

Наведемо, можливі варіанти застосування фізичних і фізико-хімічних ефектів й явищ при рішенні завдань проєктування технічних виробів (систем):

- зміну температури (зниження, підвищення або стабілізація);
- індикація положення й переміщення об'єкту;
- керування рухом рідини й газу, потоками аерозолів;

- перемішування сумішей, утворення розчинів;
- поділ сумішей; стабілізація положення об'єкту;
- силовий вплив, регулювання сил;
- створення більших тисків;
- зміна тертя, руйнування об'єкту,
- акумулювання механічної й теплової енергії;
- передача енергії (механічної, теплової, променистої і електричної);
 - установлення взаємодії між рухливим (мінливим) і нерухомим (немінливим) об'єктами;
 - вимір розмірів (властивостей) об'єкту; зміна розмірів (властивостей) об'єктів;
 - контроль стану або зміна властивостей поверхні (або об'ємних властивостей) об'єкту;
 - створення заданої структури; стабілізація структури об'єкту;
 - індикація електричних, магнітних полів і випромінювання (світла) і керування їхніми параметрами;
 - ініціювання й інтенсифікація хімічних перетворень.

На обох рівнях протиріччя формулювання умов науково-технічного завдання можуть застосовуватися: параметричний метод, аналоги з різних областей техніки й фонд матеріально-польових перетворень.

При конкретизації ідеї рішення (переході від концепції до принципу) обов'язково враховується взаємозв'язок багатьох властивостей елементів системи й взаємозумовленість їхніх значень. Наприклад, вага залежить від маси, маса – від розмірів, тиск – від температури й т.д. Ці взаємозв'язки можуть бути виявлені при аналізі властивостей, а також шляхом складання матриці взаємозв'язку властивостей елементів, аналогічній матриці зв'язків елементів системи. Якщо ж ідея рішення не знайдена, то необхідно повернутися до одного з попередніх етапів. Вибрати іншу технічну задачу й

всі процедури повторити з нею: ще раз проаналізувати, глибше вивчити технічну й фізичну сутність системи; змінити умови науково-технічної задачі.

Синтез нового технічного рішення

Система, обтяжена недоліком, який необхідно усунути її перетвореннями, є прототипом нового технічного рішення. Ідея, одержана в результаті попереднього аналізу технічного завдання, – початок нової технічної системи. Вона з'являється в надрах старої й породжена її недоліками. Однак технічної системи ще немає – її потрібно синтезувати, виконати перетворення прототипу, відповідно до ідеї рішення.

Як правило, ідея рішення – це формулювання будь-якого фізичного принципу, використовуваного в передбачуваному новому об'єкті, сукупність будь-яких дій, функцій. Її можна представити як систему функцій елементів майбутнього технічного об'єкту (носіїв цих функцій треба визначити й скласти з них нову технічну систему).

Ідею рішення, як і елементи технічної системи, описують і сукупністю властивостей, для цього досить указати тільки ті властивості середовища або будь-яких елементів, які ми використовуємо, змінюючи їхнє значення, управляючи ними. При синтезі технічного рішення визначаються матеріальні носії тих значень властивостей і функції, які відповідають ідеї. Природно, витрати на реалізацію ідеї повинні бути мінімальні й рішення повинне бути витонченим, тому необхідно в першу чергу спробувати закріпити нові функції за вже наявними елементами системи, змінивши значення деяких їхніх властивостей.

Не виключено, що існуючі елементи не можна пристосувати до виконання нових функцій. Тоді потрібно вводити додатковий елемент (або елементи). Після введення варто з'ясувати його можливості й здатність виконувати деякі функції інших елементів технічної системи – перестановка функцій іноді дозволяє істотно спростити технічне виконання

елементів або навіть відмовитися від окремих з них.

Ідею рішення можна відобразити і у матрицях аналізу властивостей і потенційних змін властивостей елементів технічної системи: у них передбачається додатковий стовпчик для допоміжного елемента – середовища. У ній відзначають властивості середовища, необхідні для здійснення ідеї рішення, і їхнього значення. Потім варто переглянути можливості зміни цих властивостей інших елементів технічної системи. При збігу значень властивостей будь-якого елемента й середовища їх закріплюють за цим елементом технічної системи. Якщо ж у системі немає елементів, які могли б взяти на себе властивості середовища, то вводять додатковий елемент. Таким чином, застосовують метод аналізу властивостей (матриць властивостей) на етапі синтезу нової технічної системи, що дозволяє формалізувати процедури даного етапу.

При цьому бажано елементи технічної системи попередньо класифікувати на дві групи: вироби й інструменти. Вироби, як правило, елементи, значення властивостей яких змінювати не можна (виходить, вони в меншому ступені здатні виконувати функції середовища). Інструменти більшою мірою піддаються змінам або пристосуванню. Коли ж носієм властивостей середовища є виріб, іноді ці властивості повинні бути індукованими, створеними відповідним впливом на виріб інших елементів системи інструментів.

Після визначення структури нової технічної системи починають її конструктивно-технічне доведення до конкретного рішення, здійсненого на практиці. Цей етап містить всі процедури, характерні для процесу проєктування будь-якого технічного об'єкту. При недостатній інформації для проєктування можуть бути проведені додаткові експериментальні й теоретичні дослідження, створені діючі фізичні моделі й т. д.

Коли рішення доопрацьовано до форми конкретного

об'єкту, необхідно з'ясувати його технічні, техніко-економічні та інші показники, співставити їх з аналогічними показниками прототипу й визначити ефективність рішення.

Заключний етап процесу рішення технічної задачі, що представляє собою одночасно вихідний етап нового процесу рішення, – це виявлення недоліків створеної технічної системи. Він замикає один цикл і починає новий, пов'язаний з удосконаленням отриманого технічного рішення.

6.4 Методи пошуку нових технічних рішень

При створенні нових технічних виробів (систем) завжди виникають проблеми пошуку (винаходу) нових, більш ефективних конструкторсько-технологічних рішень, і насамперед таких, які перевершують рівень існуючих. Ця обставина вимагає від наукових співробітників та інженерів обов'язкового оволодіння інтенсивною технологією інженерного творення, розкриття їх творчих нахилів і здібностей.

На сьогодні розроблено більше 100 методів активізації наукової та інженерної творчості, які можна умовно розділити на:

- *Евристичні методи* технічної творчості, за допомогою яких здійснюють пошук нових технічних рішень без використання комп'ютерних технологій.

- *Комп'ютерні методи* пошукового конструювання, які базуються на використанні сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій.

При більш детальній класифікації методів інженерного творення їх поділяють на 4 групи:

1. *Системні* (комбіновані або гібридні), які направлені на послідовний перебір усіх можливих варіантів рішень. В основу цих методів покладені принципи аналізу, будови і властивостей технічних виробів (систем).

2. *Асоціативні* (психологічна активізація творчості), які передбачають активізацію генерування ідей шляхом психологічного подолання інерції мислення і представляють безсистемний пошук рішення задач.

3. *Програмні* (алгоритмічні), які забезпечують більш або менш цілеспрямований рух до вирішення задачі шляхом виявлення технічних і фізичних протиріч у відомих технічних виробках і їх наступне подолання.

4. *Комбіновані*, які створено сполученням трьох перших груп методів.

У табл. 6.2 наведені деякі відомі методи (і методики) пошуку нових технічних рішень.

Таблиця 6.2. Методи пошуку нових технічних рішень

№	Назва методу	Автор
<i>Великобританія</i>		
1	Метод фундаментального проєктування	Є. Матчетт
2	Метод контрольних питань	Т. Ейлоарт
3	Метод функціонального винахідництва	К. Джонс
4	Метод розчленованого проєктування	
5	Метод ліквідації безвихідних ситуацій	
6	Метод трансформації системи	
<i>Німеччина</i>		
7	Метод каталогу	Ф. Кунце
8	Метод організуючих понять	Ф. Ханзен
9	Метод конференції ідей	В. Гильде й ін.
10	Систематична евристика	И. Мюлер й ін.
11	Аналіз витрат на основі споживчої вартості	Х. Еберт, К. Томас
<i>СРСР</i>		
12	Метод економічного аналізу й елементного відпрацьовування конструкторських рішень	Ю. Соболев
13	Алгоритм рішення винахідницьких завдань	Г. Альтшулер
14	Метод спрямованого мислення	Н. Серєда
15	Методика семиразового пошуку	Г. Буш

16	Метод психоевристичного програмування	В. Чавчанидзе й ін.
17	Метод використання бібліотеки евристичних прийомів	А. Половінкін
18	Метод системно-логічного підходу до рішення винахідницьких завдань	В. Шубін
19	Метод гірлянд випадків й асоціацій	Г. Буш
20	Узагальнений евристичний алгоритм	А. Половінкін й ін.
21	Метод десяткових матриць пошуку	Р. Повілейко
22	Метод виявлення узагальнених прийомів на основі аналізу описів винаходів	М. Заріпов й ін.
23	Вепольний аналіз	Г. Альтшулер
24	Методика аналізу властивостей і синтезу технічних рішень	А. Чус
25	Аксиоматичний метод понять	В. Скоморохов
	<i>США</i>	
26	Морфологічний аналіз	Ф. Цвіккі
27	Синектика	В. Гордон
28	Метод контрольних питань	Д. Пойа
29	Інженерно-вартісний аналіз	Л. Майлз й ін.
30	Метод контрольних питань	Р. Кроуфорд
31	Метод відомостей характерних ознак	Р. Кроуфорд
32	Метод мозкового штурму	А. Осборн
33	Метод контрольних питань	С. Пірсон
34	Метод фокальних об'єктів	Ч. Вайтінг
35	Метод аналізу витрат і результатів	Ю. Фанге
36	Метод творчого інженерного конструювання	Г. Буль
37	Метод контрольних питань	А. Осборн
38	Метод раціонального конструювання	Р. Мак-Крори
39	Метод східчастого підходу до рішення задач	А. Фрейзер
40	Метод музейного експерименту	Колектив авторів
	<i>Франція</i>	
41	Метод «матриць відкриття»	А. Моль
42	Метод «Креатіке»	Колект. авт.
43	Інтегральний метод «Метра»	І. Бувен й ін.
	<i>Чехія</i>	
44	Метод комплексного рішення проблем	С. Віт

Далі розглянемо деякі з найпоширеніших методів активізації пошуку рішень при проєктуванні нових технічних виробів (систем).

Асоціативні методи пошуку

Асоціативні методи активізації творчого мислення ґрунтуються на застосуванні у творчому процесі семантичних властивостей понять шляхом використання аналогії їх вторинних змістових відтінків. Основними джерелами для генерування нових ідей служать асоціації, метафори й випадково обрані поняття.

До асоціативних методів відносяться (багато в чому аналогічні): метод каталогу, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд випадків і асоціацій.

Між двома зовсім різними, незв'язаними поняттями (словами) можна здійснити логічний зв'язок, установити асоціативний перехід у чотири-п'ять етапів. Візьмемо два різних поняття – «деревина» й «м'яч». Здійснимо асоціативний перехід: «деревина» – «ліс», «ліс» – «поле», «поле» – «футбольне», «футбольний» – «м'яч». Або такі два поняття, як «небо» і «чай»: «небо» – «земля», «земля» – «вода», «вода» – «пити», «пити» – «чай».

Встановлено, що число прямих асоціативних зв'язків будь-якого поняття (слова) у середньому біля десяти. Один асоціативний крок дає можливість вибору з 10 слів, другий – з 10^2 , третій – з 10^3 , четвертий – з 10^4 . Таким чином, кожен крок на порядок збільшує число зв'язків даного поняття з іншими поняттями по тим або іншим ознакам, що істотно розширює можливості вибору ідей рішення.

Винахідництво пов'язане з пошуком віддалених аналогів, переносом знань із однієї області в іншу, інтерпретацією нового за допомогою відомих понять, тому в ньому важко обійтися без обхідних слів, переносного значення, метафоричних виразів, які викликають нові асоціації. Останні розділяють за подобою, контрастом, суміжністю й змістом. Асоціа-

ції за подобою – це матеріал для евристичної аналогії; за контрастом – для евристичної інверсії; за суміжністю – для перетворення в просторі й часі; за змістом – для семантичної інтерпретації проблемної ситуації, встановлення причинно-наслідкових зв'язків між технічним об'єктом, його елементами, людиною, середовищем і т.д.

Метафори можуть служити підказкою для знаходження нової ідеї. Але їхнє безпосереднє використання вимагає яскраво виражених здібностей до нешаблонного мислення. Для полегшення цього процесу беруть на озброєння прийом інтерпретації значення метафор у технічних термінах. Одночасно з метою розширення простору пошуку ідей і підвищення ступеня їхньої оригінальності використовують гірлянди метафор (асоціацій), тобто семантично взаємозалежні ланцюжки. Найчастіше застосовують два їхні різновиди: а) концентровані гірлянди (грона), що по-різному виражають те саме ключове поняття; б) гірлянди послідовних метафор (асоціацій), при генеруванні яких попередня метафора є ключовим поняттям для утворення наступної.

Якщо взяти одне ключове слово «повітря», то гірлянда концентрованих метафор може бути такою: «повітря» – «невидиме середовище» (метафора-аналог) – «матеріальний дух» (метафора-катахреза) – «що сокирою не перерубаєш?» (метафора-загадка). Інтерпретацією гірлянди служать поняття: вакуум, спирт, пневмотранспорт, промінь, тінь, вітер, електрика й т. д. Наведені поняття є окремими аналогами ключового слова й використовуються для його аналізу в контексті задачі з метою знаходження ідеї рішення.

Застосування послідовних гірлянд метафор дає ще більш віддалені аналогічні (або протилежні) поняття. Перевагою метафоричного мислення є його високий рівень оригінальності. Генерування метафор вимагає набуття навичок, але легко піддається формалізації.

Якщо на об'єкт, що удосконалюється, перенести ознаки інших, випадково обраних об'єктів, то різко зросте число несподіваних варіантів рішення. Ця ідея послужила основою методу активізації творчості, запропонованого в 1926 р. професором Берлінського університету Ф. Кунце (метод каталогу) і вдосконаленого в 50-х роках американським винахідником Ч. Вайтингом (метод фокальних об'єктів).

Метод фокальних об'єктів дає гарні результати при пошуку нових модифікацій відомих способів і пристроїв. Сутність методу у перенесенні ознак випадково обраних об'єктів на об'єкт, що удосконалюється.

Застосовують метод фокальних об'єктів у наступному порядку:

- вибір фокального об'єкту (наприклад, годинник);
- вибір трьох-чотирьох випадкових об'єктів (їх беруть навмання зі словника, каталогу, технічного журналу й т. д. Наприклад, кіно, змія, каса, полюс);
- складання списків ознак випадкових об'єктів (наприклад, кіно: широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне й т. д.);
- генерування ідей шляхом приєднання до фокального об'єкта ознак випадкових об'єктів (наприклад, широкоекранний годинник, звуковий годинник, об'ємний годинник і т. д.);
- розвиток отриманих сполучень шляхом вільних асоціацій (наприклад, широкоекранний годинник: замість вузького циферблата взятий широкий; може бути вузький циферблат, що іноді розтягується в широкий, проєктується кудись... і т. д.);
- оцінка отриманих ідей і відбір корисних рішень.

Подальшим розвитком методу фокальних об'єктів є метод гірлянд випадків і асоціацій, розроблений Г.Я. Бушем. Він допомагає знайти велику кількість підказок для нових ідей шляхом утворення асоціацій.

Методи контрольних питань

Метод контрольних питань застосовується для психологічної активізації творчого процесу. Ціль його – за допомогою непрямих запитань підвести до рішення задачі. Списки таких питань пропонувалися різними авторами, починаючи з 20-х років ХХ сторіччя.

Метод може застосовуватися або у формі монологу співробітника (інженера, аспіранта), зверненого до самого себе, або діалогу, наприклад, у вигляді питань, що задаються керівником мозкового штурму членам групи генераторів ідей. Суть методу полягає в тім, що співробітник відповідає на питання за визначеним списком, і у зв'язку з ними розглядає свою задачу. Широко поширені універсальні списки запитань, складені А. Осборном, Е. Раудзенпом, Т. Ейлоартом, Д. Пірсоном й ін. Вони складаються з різної кількості питань. За кордоном частіше користуються списком запитань, розробленим А. Осборном, що містить 9 груп питань.

Список контрольних питань по А. Осборну.

1. Яке нове застосування технічного об'єкту можна запропонувати? Чи можливі нові способи застосування? Як модифікувати відомі способи застосування?

2. Чи можливо вирішення задачі шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує даний технічний об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи є в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використати? Що можна скопіювати? Який технічний об'єкт потрібно випереджати?

3. Які модифікації технічного об'єкту можливі? Чи можлива модифікація шляхом обертання, вигину, скручування, повороту? Які зміни призначення (функції), кольору, руху, аромату, форми, обрисів можливі? Інші можливі зміни?

4. Що можна збільшити в технічному об'єкті? Що можна приєднати? Чи можливо збільшення часу служби, впливу? Збільшити частоту, розміри, міцність? Підвищити якість?

Приєднати новий інгредієнт? Дублювати? Чи можлива мультиплікація робочих елементів або всього об'єкту? Чи можливо перебільшення, гіперболізація елементів або всього об'єкту?

5. Що можна в технічному об'єкті зменшити? Що можна замінити? Чи можна що-небудь ущільнити, стиснути, згустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, укоротити, звузити, відокремити, роздрібнити?

6. Що можна в технічному об'єкті замінити? Що, скільки замішати та з чим? Інший інгредієнт? Інший матеріал? Інший процес? Інше джерело енергії? Інше розташування? Інший колір, звук, освітлення?

7. Що можна перетворити в технічному об'єкті? Які компоненти можна взаємно замінити? Змінити модель? Змінити розбивку, розмітку, планування? Змінити послідовність операцій? Транспонувати причину й ефект? Змінити швидкість або темп? Змінити режим?

8. Що можна в технічному об'єкті перевернути навпаки? Транспонувати позитивне й негативне. Чи не можна поміняти місцями протилежно розміщені елементи? Повернути їх задом наперед? Перевернути низом вгору? Поміняти ролями? Перевернути затиски?

9. Які нові комбінації елементів технічного об'єкту можливі? Чи можна створити суміш, сплав, нові асортименти, гарнітур? Комбінувати секції, вузли, блоки, агрегати? Комбінувати цілі? Комбінувати привабливі ознаки? Комбінувати ідеї?

Одним із кращих можна вважати список контрольних питань, складений англійським винахідником Т. Ейлоартом.

- Перелічить всі якості й визначення передбачуваного винаходу. Змінити їх.

- Точно сформулювати задачу. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні й аналогічні задачі. Виділити головні.

- Перелічити недоліки наявних рішень, їхні основні принципи, нові припущення.
- Створити фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні й інші аналогії.
- Побудувати математичну, гідравлічну, електронну, механічну й іншу моделі (вони точніше виражають ідею, ніж аналогії).
- Спробувати різні види матеріалів й енергії: газ, рідину, тверде тіло, гель, піну, пасту й ін.; тепло, магнітну енергію, світло, силу удару й т. д.; різні довжини хвиль, поверхневі властивості й т. п., перехідні стани – замерзання, конденсація, перехід через точку Кюрі й т. д.; ефекти Джоуля-Томпсона, Фарадея й ін.
- Установити варіанти, залежності, можливі зв'язки, логічні збіги.
- Довідатися думку деяких зовсім необізнаних у даній справі людей.
- Влаштувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи всі ідеї без критики (наприклад, використовуючи такі популярні методи психологічної активізації колективної творчої діяльності – «мозковий штурм» і «синектика»).
- Спробувати «національні» рішення: хитре шотландське, всеосяжне німецьке, марнотратне американське, складне китайське й т. д.
- Дома й на роботі, весь час, думати над рішенням проблеми.
- Прогулюватись серед стимулюючого оточення (смітник металобрухту, технічні музеї, магазини дешевих речей), роздивлятися журнали, комікси.
- Створити таблицю цін, величин, переміщень, типів матеріалів і т. д. різних рішень проблеми або її частин, шукати проблеми в рішеннях або нові комбінації.
- Визначити ідеальне рішення, розробляти можливі.

- Видозмінити рішення проблеми з погляду часу (скоріше або повільніше), розмірів, в'язкості й т. п.
- В уяві залізити усередину механізму.
- Визначити альтернативні проблеми й системи, які вилучають певну ланку з ланцюга й, таким чином, створюють щось зовсім інше, ведучи убік від потрібного рішення.
- Чия це проблема? Чому його?
- Хто придумав це першим? Історія питання. Які хибні тлумачення цієї проблеми мали місце?
- Хто ще вирішив цю проблему? Чого він домогся?
- Визначити загальноприйнятні граничні умови й причини, їхнього встановлення.

Існує також список питань Д. Пойа, що відрізняється тим, що питання тут становлять певну систему (в інших списках їх можна поміняти місцями). Список Д. Пойа створювався переважно для рішення математичних задач, але може бути використаний і при рішенні технічних.

Найбільш універсальний запитальник Г. Я. Буша, який називають запитальником уявного експерименту винахідника. Він містить, наприклад, такі питання.

Як вирішити задачу, якщо не зважати на витрати, якщо від її рішення залежить життя людини, якщо технічний об'єкт буде використаний як іграшка, або якщо об'єкт є навчальним посібником, експонатом?

Чи не можна відкинуті в минулому принципи рішення використати зараз при сучасних технічних можливостях?

Чи можна пророчити результат рішення задачі через 10–15 років з урахуванням росту суспільних потреб?

Як виглядає перелік усіх основних недоліків відомих рішень задачі? Яким повинне бути рішення, якщо усунути їх?

Мозковий штурм. Синектика

Метод мозкового штурму (атаки) – один з найбільш популярних методів психологічної активізації колективної творчої діяльності, розроблений американським підприємцем А. Осборном в 1953 р. Він застосовується для одержання нових

ідей у науці, техніці, адміністративній й торговельній діяльності.

Особливістю даного методу є те, що для усунення психологічних перешкод, спричинених острахом критики, А. Осборн запропонував розділити в часі процеси генерування ідей й їхньої критичної оцінки. Найкращі результати метод дає при розгляді задач організаційного характеру (наприклад, знайти нове застосування виробленій продукції, знайти нову форму реклами й т. д.) і при рішенні щодо нескладних технічних задач.

Розрізняють методи прямого й зворотного мозкового штурму.

При прямому мозковому штурмі, умови задачі формулюються тільки в загальних поняттях, у якій повинні бути визначені два моменти: що необхідно одержати або мати, і що заважає одержанню бажаного.

При зворотному мозковому штурмі основне значення надають критиці. Задачу підбирають не загального характеру, а більш конкретну. Особливість методу полягає в розкритті протиріч, дефектів, недоліків й обмежень проєктованого виробу.

Тому при проєктуванні виробу вирішуються дві задачі:

- виявлення в існуючих виробках максимального числа недоліків;
- максимальне усунення цих недоліків у знову розроблювальному виробі.

Основні правила мозкового штурму.

- Задачу послідовно вирішують дві групи людей по 3–15 чоловік у кожній.

Перша група тільки висуває різні ідеї – це група «генераторів ідей». У ній бажано мати людей, схильних до абстрагування, з бурхливою фантазією. Завдання «штурмується» протягом 20 – 40 хвилин. Друга група – «експерти» – по за-

кінченні штурму виносить судження щодо цінності висунутих ідей. У її складі краще працюють люди з аналітичним, критичним складом розуму.

Як правило, група «генераторів ідей» складається із двох підгруп: постійне ядро групи й тимчасових членів. Ядро групи поступово відбирається при рішенні різних задач методом мозкового штурму. У ядро групи входять її керівник і співробітники, що легко й плідно генерують ідеї, а також добре знають правила і дотримують їх.

Тимчасові члени запрошуються залежно від характеру й змісту майбутньої задачі. У творчу групу ніколи не включають природжених скептиків й критиканів, а також тих чия присутність може в якійсь мірі заважати іншим, наприклад керівників і підлеглих. Тимчасові члени служать необхідним і гармонічним доповненням до ядра групи, що забезпечує виконання наступних рекомендацій: число фахівців з розв'язуваної задачі повинне бути не більше половини; до складу групи доцільно включати фахівців-суміжників (конструктори, технологи, економісти, постачальники й т.д.), які забезпечать комплексний і всебічний розгляд задачі; до складу групи бажано включати жінок, які досить практично й оригінально мислять, стимулюють і підвищують дух змагання серед чоловіків; рекомендується включати «людей зі сторони», що не мають ніякого відношення до задачі.

- Основне завдання групи «генераторів ідей» – видати за відведений час якнайбільше ідей (у тому числі фантастичних, явно помилкових і жартівливих). Чим нереальніші ідеї, тим сильніше позначається їхня дія на наступному процесі їхньої генерації. Погані ідеї – це каталізатори, без них не буде гарних. При підведенні підсумків, що відбудеться пізніше, багато пропозицій виявляться марними. Однак сам процес повинен викликати бурхливий потік ідей, які впливають безупинно, доповнюючи й взаємно збагачуючи один одного. Колективний розум допомагає генерувати послідовність

пропозицій. Регламент на кожну ідею – не більше двох хвилин. Всі вони висловлюються без доказів і записуються до протоколу.

- При генерації ідей заборонено усяка критика, не тільки явна словесна, але й прихована – у вигляді скептичних посмішок, міміки, жестів і т.д. У ході штурму між учасниками повинні бути встановлені вільні й доброзичливі відносини. Треба, щоб ідея, висунута одним учасником штурму, підхоплювалася й розвивалася іншими.

- Експертизу й відбір ідей після закінчення процесу генерування варто проводити дуже уважно. При їхній оцінці треба ретельно продумувати всі ідеї, навіть ті, які вважаються несерйозними, нереальними або абсурдними.

- Процесом рішення задачі управляє керівник «штурму», що забезпечує дотримання всіх умов і правил.

Керівник повинен виконувати свої обов'язки без наказів і критики, направляти роботу в потрібне русло. Він задає різні питання, іноді щось підказує або уточнює, не допускаючи при цьому переривання бесіди. Крім того, йому потрібно стежити за тим, щоб висловлення ідей не відбувалося тільки в раціональному напрямку. У протилежному випадку керівник повинен сам висловити свідомо фантастичну ідею або оголосити «п'ятихвилинку» для висловлення тільки непрактичних ідей.

- Якщо задачу не вирішено в ході штурму, можна повторити процес рішення (краще це зробити з іншим колективом). Коли ж повторна сесія проводиться з тим же колективом, проблему потрібно обговорити в іншому аспекті або в більш широкому формулюванні, що робить стару задачу невпізнанною. Учасники штурму сприймають її як нову, і це сприяє руху думок по іншому руслу.

Для активізації процесу генерації ідей у ході штурму рекомендується використовувати деякі прийоми, які застосову-

ються при проектуванні виробів. Такими прийомами є, наприклад, «інверсія», «аналогія» й «фантазія». Керівник може використовувати також списки контрольних питань.

Синектика – найбільш сильна зі створених за кордоном методик активізації творчості – є подальшим розвитком мозкового штурму. Вона запропонована американським винахідником і дослідником В. Дж. Гордоном. Роботи в цьому напрямку він почав в 1944 р., аналізуючи діяльність однієї винахідницької групи, що відрізнялася високою продуктивністю, а потім (в 1952–1959 р.) запропонував свою методику.

Слово «синектика» у перекладі із грецької означає «сполучення різнорідних елементів». У повному словнику англійської мови дано таке визначення: «Синектичні групи – групи людей різних спеціальностей, які зустрічаються з метою спроби творчих рішень проблем шляхом необмеженого тренування уяви й об'єднання несумісних елементів». При використанні синектики формують постійні групи (оптимальний склад 5–7 чоловік) людей різних спеціальностей, яких навчають винахідницьким прийомам. Бажано навіть, щоб кожний з них мав декілька різних професій.

Теоретичною основою синектики стали ствердження, що творчий процес пізнаваний і може бути раціонально організований, творчі процеси окремої особи й колективу аналогічні, ірраціональний момент у творчості важливіше раціонального; у латентному (схованому) стані перебуває дуже багато творчих здібностей, які можна виявляти й стимулювати. Організація проведення сесії синекторів (синектичне засідання) запозичена з мозкового штурму, однак відрізняється від нього використанням деяких прийомів психологічного настрою, у тому числі дуже активним застосуванням аналогій.

Морфологічний аналіз

Морфологічний аналіз розроблено у 1942 р. швейцарським астрономом Ф. Цвіккі. За допомогою методу морфологічного ящика, найбільш проробленим із усіх методів морфологічного аналізу, створених Ф. Цвіккі, ученому вдалося за короткий час одержати значну кількість оригінальних технічних рішень у ракетобудуванні.

Морфологічний аналіз випередив еру системних досліджень і став першим яскравим прикладом системного підходу в області винахідництва. На думку Ф. Цвіккі, предметом методу морфологічного ящика є проблема взагалі (технічна, наукова, соціальна й т. д.). Він допускає, що точне формулювання проблеми автоматично розкриває найбільш важливі параметри, від яких залежить її вирішення, і кожен такий параметр може описуватися низкою значень. Причому будь-яке сполучення значень параметра вважається принципово можливим. Основний принцип такого аналізу, зокрема методу морфологічного ящика, складається в систематичному дослідженні всіх мислимих варіантів, що впливають із закономірностей будови (тобто морфології) системи, що удосконалюється.

Морфологічний метод дослідження був застосований до цілого ряду систем: за твердженням Ф. Цвіккі, більше 70 великих промислових фірм використовували його при вирішенні різноманітних науково-технічних задач. В результаті застосування свого методу сам Ф. Цвіккі створив серію оригінальних винаходів, у тому числі балістичні пристрої, оригінальні силові установки, вибухові речовини, спосіб комбінованої фотографії й т. д.

Сутність аналізу полягає в наступному. У технічній системі, що удосконалюється, виділяють декілька характерних для неї структурних або функціональних морфологічних ознак. Кожна ознака може характеризувати, наприклад, якийсь конструктивний вузол системи, якусь її функцію, якийсь режим роботи системи, тобто параметри або характеристики

системи, від яких залежить рішення проблеми й досягнення основної мети.

За кожною виділеною морфологічною ознакою створюють список її різних конкретних варіантів і альтернатив. Ознаки з їхніми альтернативами можна розташовувати у формі таблиці (морфологічний ящик), що дозволяє краще уявити собі пошукове поле. Перебираючи всі можливі сполучення альтернативних варіантів виділених ознак, можна виявити нові варіанти рішення задачі, на які при простому переборі могли не звернути уваги.

Метод передбачає виконання робіт у п'ять етапів.

Точне формулювання задачі, що підлягає рішенню. Якщо спочатку ставиться питання про одну конкретну систему, метод безпосередньо узагальнює пошук на всі можливі системи з аналогічною структурою й у підсумку дає відповідь на більш загальне питання. Наприклад, необхідно вивчити морфологічний характер усіх видів транспортних засобів і запропонувати нову ефективну конструкцію пристрою для транспортування по снігу – снігоходу.

Складання списку усіх морфологічних ознак, тобто усіх важливих характеристик об'єкту, його параметрів, від яких залежить рішення проблеми й досягнення основної мети. Точне формулювання задачі й визначення класу досліджуваних систем дозволяють розкрити основні ознаки або параметри, що полегшують пошук нових рішень. Стосовно до транспортного засобу (снігоходу) морфологічними ознаками можуть бути: *A* – двигун, *B* – рушій, *B* – опора кабіни, *Г* – керування, *Д* – забезпечення заднього ходу й т. д.

Розкриття можливих варіантів за кожною морфологічною ознакою (характеристикою) шляхом складання матриці. Кожна з *n* характеристик (параметрів, морфологічних ознак) має певне число k_i різних варіантів, незалежних властивостей, конкретних форм. Наприклад, для снігоходу варіанти: A_1 – двигун внутрішнього згоряння, A_2 – газова турбіна,

A_3 – електродвигун і т. д.; B_1 – повітряний гвинт, B_2 – гусениці, B_3 – лижі, B_4 – снігомет і т. д.; V_1 – опора кабіни на сніг, V_3 – на двигун, V_4 – на рушій і т. д. Сполучення одного з можливих варіантів морфологічної ознаки з іншими від кожної ознаки дає одне з можливих технічних рішень.

Якщо побудувати n -мірний простір (де n – кількість морфологічних ознак) і на кожній з осей, що належить одному з ознак, відкласти всі можливі його варіанти, то одержимо «морфологічний ящик» (назва вдала для тривимірного простору, тобто для трьох ознак). Кожна точка його, що визначається n конкретними координатами, містить одне можливе технічне рішення.

Визначення функціональної цінності всіх одержаних варіантів рішень. Це найбільш відповідальний етап методу. Щоб не заплутатися у величезному числі рішень і деталей, оцінка їхніх характеристик повинна проводитися на універсальній й, по можливості, простій основі, хоча це не завжди легка задача.

Повинні бути розглянуті всі N варіантів рішень, що виходять зі структури морфологічної таблиці, і проведено їхнє порівняння за одним або декількох найбільш важливим для даної технічної системи показникам.

Вибір найбільш раціональних конкретних рішень. Знаходження оптимального варіанту може здійснюватися за кращим значенням найбільш важливого показника технічної системи.

Морфологічний аналіз створює основу для системного мислення в категоріях основних структурних ознак, принципів і параметрів, що й забезпечує високу ефективність його застосування. Це впорядкований спосіб дослідження, що дозволяє домогтися систематичного огляду всіх можливих рішень даної великомасштабної проблеми. Метод будує мислення таким чином, що генерується нова інформація, що стосується тих комбінацій, які при безсистемній діяльності не беруться до уваги.

Хоча морфологічному способу мислення внутрішньо властиве переконання, що всі рішення можуть бути реалізовані, при цьому, природно, багато які з них виявляються порівняно тривіальними. Труднощі застосування морфологічного аналізу полягає в тім, що не існує будь-якого дійсно практичного й універсального методу оцінки ефективності того або іншого варіанту рішення. Якби він був знайдений, то можна було, виходячи тільки з теоретичних міркувань, вибрати оптимальну комбінацію елементів для кожного проєктованого пристрою. Таким чином, процес винаходу був би замінений безпосереднім аналізом альтернативних варіантів з використанням ЕОМ. Як правило, робочі характеристики пристрою, в основу побудови якого покладено раніше невідому комбінацію елементів, є більш-менш невизначеними.

Узагальнений евристичний метод

Узагальнений евристичний метод (або алгоритм) був розроблений колективом лабораторії математичних методів оптимального проєктування Марійського політехнічного інституту на базі проведеного наукового аналізу більше 30 відомих методів пошуку технічних рішень, активізації й раціональної організації творчої діяльності.

Ця методика містить ряд розробок авторів, а також раціональні прийоми й процедури з деяких інших методів, у тому числі: морфологічного ящика, функціонального винахідництва, організовуючих понять й ін. Таке сполучення, робить методику досить повною й універсальною, яку можна застосовувати для рішення різних задач у багатьох галузях техніки.

У табл. 6.3 наведені основні етапи узагальненого методу й виконувани процедури стосовно до задач проєктування технічних виробів.

Таблиця 6.3. Етапи й процедури узагальненого евристичного методу

Найменування й призначення етапу	Процедури
1	2
<p><i>Етап 1. Попередня постановка задачі. Формулювання функції розроблювальної технічної системи.</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формулювання функції технічного виробу (системи) на якісному рівні. 2. Формулювання функції виробу на кількісному рівні. 3. Вибір існуючих виробів, що у найбільшій мірі задовольняють сформульовані функції. 4. Складання списку недоліків існуючих виробів. 5. Складання попереднього формулювання задачі. 6. Формулювання задачі без спеціальних термінів.
<p><i>Етап 2. Вивчення й аналіз задачі.</i> Вивчення еволюції і тенденцій розвитку розглянутої й функціонально близьких класів технічної системи для виявлення можливості посилення окремих показників функції.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Складання дерева конструктивної еволюції розглянутого класу технічних виробів (систем). 2. Виявлення тенденцій розвитку розглянутого класу виробів. 3. Збір і вивчення інформації щодо прогнозу розвитку розглянутого класу виробів. 4. Визначення основних факторів, що мають вирішальний вплив на розвиток розглянутого і провідного класів виробу. 5. Визначення можливості посилення окремих характеристик функції. 6. Проведення ранжирування недоліків з точки зору ступеня важливості й труднощів їхнього усунення. 7. Виявлення причин виникнення недоліків в існуючому технічному виробі. 8. Вивчення можливості комбінування цілей рішення задачі (для виділення взаємопідсилюючих, взаємосуперечливих і взаємозалежних цілей).

Продовження таблиці 6.3.

1	2
	<p>9. Перевірка реальності постановки задачі на сучасному рівні розвитку науки, техніки й виробництва.</p> <p>10. Вивчення умов досягнення цілей і виділення сприятливих і несприятливих факторів, що сприяють або заважають досягненню цілей.</p> <p>11. Побудова ієрархічної структури технічного виробу (системи) і встановлення зв'язків між елементами розглянутого виробу й інших суміжних об'єктів.</p> <p>12. Перевірка можливості задоволення потреби шляхом внесення змін у суміжні об'єкти.</p> <p>13. Оцінка ступеня актуальності поставленої задачі у цей час й у доступному для огляду майбутньому.</p> <p>14. Створення уявлення щодо гранично можливого технічного рішення розглянутого класу виробів.</p>
<p><i>Етап 3. Уточнення й деталізація постановки задачі.</i> Включення в список вимог експлуатаційних, конструктивних, технологічних, ремонтних, економічних й ін. вимог з їхньою якісною оцінкою.</p>	<p>1. Складання списку вимог до існуючих технічних виробів, що найбільш задовольняють сформульованій функції.</p> <p>2. Складання списку вимог до розроблювального технічного виробу.</p> <p>3. Порівняння списку вимог з показниками провідного класу технічного виробу.</p> <p>4. Виділення вимог, які свідомо не можна міняти при вирішенні задачі.</p> <p>5. Виявлення шляхом аналізу й експертних оцінок помилкових вимог і виключення їх зі списку.</p> <p>6. Виділення головних вимог до розроблювального виробу.</p> <p>7. Виділення нових вимог, які не мали місця в існуючих близьких технічних výroбах.</p> <p>8. Визначення вхідних і вихідних параметрів розроблювального технічного виробу.</p>

Продовження таблиці 6.3.

1	2
	<p>9. Виявлення функціональних зв'язків між вхідними й вихідними параметрами.</p> <p>10. Виявлення протиріччя поліпшення виробу. Графічне зображення протиріччя поліпшення.</p>
<p><i>Етап 4. Пошук технічних ідей, рішень і фізичних принципів дії.</i></p> <p>Синтез розширеної множини нових технічних і фізичних принципів дії, з яких необхідно вибрати найкраще рішення. Всі процедури даного етапу, крім 4.9 – 4.11, реалізуються при активному використанні евристичних прийомів.</p>	<p>1. Перетворення у бажане технічне рішення найбільш близьких рішень існуючих технічних виробів.</p> <p>2. Перетворення в бажане технічне рішення кращих світових зразків.</p> <p>3. Перетворення в бажане рішення гранично досконалого технічного виробу.</p> <p>4. Перетворення в бажане технічне рішення прогнозованих конструктивних рішень.</p> <p>5. Перетворення в бажане рішення аналогічних рішень із провідного класу технічного виробу.</p> <p>6. Перетворення в бажане рішення старих практично використовуваних виробів або у свій час відкинутих.</p> <p>7. Змінення системи, що стоїть вище за ієрархією.</p> <p>8. Рішення задачі шляхом усунення причин виникнення недоліків прототипів.</p> <p>9. Використання методів морфологічних таблиць.</p> <p>10. Формулювання нових фізичних принципів дії технічного виробу (системи) і її основних елементів.</p> <p>11. Використання методу гірлянд асоціацій і метафор.</p>

Продовження таблиці 6.3.

1	2
<p><i>Етап 5. Вибір найкращих технічних рішень.</i></p> <p>Різнобічний аналіз й оцінка всіх знайдених технічних рішень.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірка отриманих рішень на фізичну й технологічну здійсненність. 2. Перевірка рішень на їхню відповідність основним вимогам. 3. Класифікація варіантів технічних рішень по фізичному принципу дії, основним конструктивним, технологічним, експлуатаційним й іншим ознакам для проведення групової обробки рішень. 4. Вибір найбільш економічних варіантів, що дозволяють вирішувати задачу при мінімальних витратах: матеріалів, експлуатаційних, технологічних і т. п. 5. Перевірка отриманих рішень на фізичну й технологічну здійсненність. 6. Перевірка рішень на їхню відповідність основним вимогам. 7. Класифікація варіантів технічних рішень по фізичному принципу дії, основним конструктивним, технологічним, експлуатаційним й іншим ознакам для проведення групової обробки рішень. 8. Вибір найбільш економічних варіантів, що дозволяють вирішувати задачу при мінімальних витратах: матеріалів, експлуатаційних, технологічних і т. п. 9. Вибір технічних рішень, які за основними показниками не нижче кращих світових зразків. 10. Вибір технічних рішень, у яких найбільша частка стандартних вузлів і деталей. 11. Вибір рішень, що найбільш повно усувають головні протиріччя поліпшення технічного виробу або найбільш повно реалізують сформульовану функцію, головні цілі й вимоги. 12. Вибір рішень, що вимагають мінімальної або значної зміни в суміжних технічних виробках.

Продовження таблиці 6.3.

1	2
<p><i>Етап 6. Доробка обраних технічних рішень. Детальна проробка технічних рішень, їхнє подальше поліпшення експериментальна й дослідна перевірка.</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевірка найкращих рішень на їхню відповідність повному списку вимог. 2. Перетворення неприпустимих рішень у припустимі. 3. Визначення можливих змін у суміжних технічних виробках усього комплексу, що включає розроблювальний виріб. 4. Визначення оптимальних значень основних параметрів найкращих технічних виробів. 5. Ранжирування найкращих рішень по комплексу критеріїв якості. 6. Розробка технічних креслень, проведення експериментальної й дослідної перевірки для найкращих рішень. 7. Виявлення недоліків у технічних рішеннях після експериментальної перевірки.
<p><i>Етап 7. Аналіз техніко-економічних показників знайдених рішень й оцінка перспектив їхнього впровадження.</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оцінка очікуваного ефекту від використання одержаних технічних рішень. 2. Оцінка перспективності знайдених рішень. 3. Визначення області практичного застосування й ринків збуту. 4. Оцінка очікуваного економічного ефекту залежно від обсягів реалізації нових технічних виробів. 5. Складання заявок на винаходи.

На етапі 4 узагальненого методу, метою якого є пошук ідей і рішень, крім процедур пошуку активно використовуються евристичні прийоми, які надано в розд. 2.4. Під евристичним прийомом розуміється короткий припис, що вказує на те, як перетворити відоме технічне рішення (прототип), щоб одержати нове технічне рішення, або як синтезувати нове рішення.

Інші методи пошуку технічних рішень

Існують й інші методи, що мають також ряд раціональних сторін. З них можна виділити групу, засновану на комбінаторному підході й за цією ознакою схожу з морфологічним аналізом. Це методи організуючих понять, «матриць відкриття» і десяткових матриць пошуку.

Метод організуючих понять, розроблений Ф. Ханзеном в 1953 р., найбільш близький по своїй сутності до морфологічного ящика й припускає проведення роботи в декілька етапів.

- Визначення організуючих понять і їхніх відмітних ознак.
- Класифікація організуючих понять по ступені їхньої важливості.
- Проведення наочних зіставлень організуючих понять із їхніми відмітними ознаками й розробка на цій основі керівного матеріалу для всіх можливих рішень, що відповідають обраним обмеженням.
- Оцінка ознак відносно їх відповідності спеціальним вимогам завдання.
- Комбінація ознак різних організуючих понять у рішення.

До особливостей і відмінностей методу організуючих понять від морфологічного ящика належать: складання за особливою формою керівних матеріалів для певного класу задач, графічне подання організуючих понять й їхніх ознак, а також класифікація ознак по важливості, спрямована на раціональне скорочення варіантів рішення.

Метод «матриць відкриття», запропонований А. Модем (Франція) в 1955 р., також трохи схожий на морфологічний аналіз. Спрощено суть методу, що полягає в побудові таблиці, у якій перетинаються два ряди характеристик. Якщо в морфологічному аналізі всі обрані характеристики ставляться до будови технічного об'єкту, то в цьому методі час-

тина з них може відноситися, наприклад, до умов споживання, виробництва, експлуатації й т. д. (матриця: потреби замовника – можливості підрядника). Сам метод не дає закінчених рішень, але створює можливість для асоціацій, постановки нових проблем, які іншим методом не були б взяті до уваги.

Існує багато варіантів матриць, у тому числі кількісні, що тяжіють до матричних методів математики, і якісні, що дають передумови для асоціацій. Прямокутні матриці припускають перетинання двох різних рядів характеристик, а квадратні – перетинання ряду із самим собою.

Найчастіше цей метод служить для систематизації наявного матеріалу й дає відправні пункти для подальших досліджень, виявляючи наявні резерви.

Метод десяткових матриць пошуку, розроблений Р.П. Повілейко, включає пошук нових технічних рішень на основі аналізу результатів систематичного застосування десяти евристичних прийомів до кожного з десяти основних показників технічної системи.

У якості основних виділяються наступні групи показників технічної системи: геометричні (довжина, ширина, висота, площа та т. д.); фізико-механічні (вага, міцність, корозійна стійкість, еластичність й ін.); енергетичні (вид енергії, коефіцієнт корисної дії та ін.); конструкційно-технологічні (технологічність, транспортабельність, складність та ін.); надійність і довговічність; експлуатаційні (продуктивність, точність, стабільність параметрів та ін.); економічні (собівартість, трудові витрати на виробництво й експлуатацію, втрати та ін.); ступінь стандартизації й уніфікації; зручність обслуговування й безпека (шум, вібрації, освітленість, температура та ін.); художньо-конструкторські (гармонійність, масштабність та ін.).

Для перетворення основних показників використовують наступні *групи евристичних прийомів*:

Неологія – перенесення у дану галузь техніки нових для неї значень основних показників технічних об'єктів.

Адаптація – пристосування відомих процесів, конструкцій, форм, матеріалів й їхніх властивостей до даних конкретних умов.

Мультиплікація – множення, збільшення основних показників (наприклад, мультиплікація конструкторсько-технологічних показників пов'язана зі збільшенням числа робочих органів, робочих позицій, кількості одночасно оброблюваних деталей).

Диференціація – пов'язана з диференціацією показників (дроблення, поділ, очищення і т. д.).

Інтеграція – пов'язана з інтеграцією показників (додавання, з'єднання, змішування, зближення і т. д.).

Інверсія – зміна порядку на протилежний, повернення, вивертання і т. д.

Імпульсація – пов'язана з імпульсними змінами показників технічних об'єктів.

Динамізація – пов'язана з динамізацією, зміною в часі ваги, температури, розмірів, кольорутаінших показників технічних об'єктів.

Аналогія – відшукання та використання подібності, подоби в будь-якому відношенні показників даного технічного об'єкту і відомих об'єктів.

Ідеалізація – наближення показників технічного об'єкта до ідеальних.

Така класифікація дозволяє побудувати десяткову матрицю пошуку, у рядках якої записані основні показники, що змінюються, характеристики технічного об'єкту, а в стовпцях – основні групи евристичних прийомів. Кожен її осередок відповідає певній зміні будь-якого із основних параметрів об'єкту та готових технічних рішень ще не містить, але сприяє виникненню асоціацій, що активізують пошук ідеї рішення.

Комбінаторний принцип застосовується також на деяких етапах методики семиразового пошуку, розробленої Г.Я. Бушем, що має стратегічну та тактичну частини. Особливістю методики є розподіл всіх стадій і елементів процесу пошуку рішення на 7 частин, що зв'язані зі здатностями людського мозку сприймати та переробляти інформацію. Стратегія пошуку складається з аналізу проблемної ситуації і суспільних потреб, аналізу функцій аналогів і прототипу, постановки задачі, генерування ідей і вибору евристичних засобів, конкретизації ідей, оцінки варіантів і вибору оптимального, спрощення, розвитку та реалізації рішення. Тактична частина – числові прийоми, застосовувані на різних стадіях рішення. Серед них використовуються прийом «сім ключових слів» і таблиці, аналогічні десятковим матрицям пошуку, але розміром 7х7.

Із програмних (алгоритмічних) методик пошуку нових технічних рішень становить інтерес, що одержала широке поширення в Німеччині, методика систематичної евристики, що була розроблена під керівництвом І. Мюллера та успішно використовується в ряді науково-дослідних і навчальних організацій.

Методика призначена для раціональної організації праці інженерів, конструкторів і науковців. Вона містить комплекс програм, створених на основі системного підходу та евристичного програмування, що дозволяє використовувати їх при конструюванні і проектуванні.

Функціонально-вартісний аналіз є методикою раціоналізації, тобто вдосконалення конструкцій і процесів з метою зниження їхньої вартості та витрат, переважно без зміни основних принципів, що лежать у їхній основі. Методика будується на тім, що деталь машини вдосконалити легше, ніж машину. Застосування його дозволяє знизити вартість виробів на 5–20 %.

У зв'язку з тим, що близько 75 % витрат на виробництво виробу припадає на стадію наукових досліджень і проектно-

конструкторських розробок, важливо уникнути зайвих витрат саме на цій стадії. Тому задачі функціонально-вартісного аналізу вирішуються шляхом правильного визначення функцій і характерних ознак систем виробів, їхніх складових елементів, розробкою конструкторських рішень відповідно до цих функцій та ознак.

Функціонально-вартісний аналіз проводять переважно постійні дослідницькі групи чисельністю 3–6 чоловік. У їхньому складі обов'язково перебувають конструктори, технологи і економісти. Роботи з використанням методики ведуться за робочим планом приблизно в такій послідовності.

Підготовчий етап. Вибір об'єкту дослідження та визначення цілей аналізу; підготовка переліку інформаційних матеріалів; складання, обговорення та затвердження плану проведення аналізу об'єкта.

Інформаційний етап. Збір оптимальної кількості інформації для визначення особливостей і структури досліджуваного об'єкта і його аналогів; систематизація інформації і її вивчення для опису об'єкта, з'ясування його фактичного стану; виявлення та формулювання функцій; побудова схеми взаємозв'язку складових частин досліджуваного об'єкта; визначення витрат на створення та функціонування об'єкта і його складових частин; виявлення зон найбільшого зосередження витрат у досліджуваному об'єкті.

Аналітичний етап. Аналіз та уточнення функцій, визначення основних, допоміжних, виявлення непотрібних функцій у досліджуваному об'єкті і його складових частинах; розмежування та аналіз витрат, пов'язаних зі здійсненням функцій; порівняння функцій складових частин і витрат на їхнє здійснення з аналогами; порівняння функцій і витрат аналогічних систем і рішень; уточнення пошуку резервів економії в аналізованому об'єкті по функціональних зонах; формування задач пошуку нових ідей і варіантів оптимальних рішень.

Творчий етап. Уточнення напрямку і задач пошуку нових рішень; визначення тематики, організація та проведення нарад по висуванню ідей; обробка та систематизація результатів нарад для їхньої наступної оцінки; підготовка матеріалів для оцінки одержаних результатів функціональними службами.

Дослідний етап. Систематизація запропонованих варіантів нових рішень; виключення явно нездійсненних пропозицій та експертиза пропозицій, що залишилися; дослідження і, при необхідності, експериментальна перевірка різних можливостей виконання функцій у запропонованих варіантах; оцінка здійсненності пропозицій, що залишилися, з погляду матеріально-технічного, фінансового, виробничого забезпечення; визначення витрат та економічності виконання функцій для різних варіантів рішень; ранжирування варіантів і вибір оптимального.

Рекомендаційний етап. Оформлення рекомендацій з реалізації пропозицій остаточно обраних варіантів рішень із уточненням розрахунків ефективності; узгодження рекомендацій із зацікавленою стороною та подання їх на обговорення керівництву; обговорення представлених рекомендацій і прийняття рішень; складання проєкту та затвердження плану-графіка впровадження рекомендацій.

Етап впровадження. Організація роботи з реалізації рекомендацій; контроль за виконанням плану-графіка; впровадження одержаних результатів у виробництво; оцінка одержаних результатів, зіставлення їх з попередніми даними.

6.5 Загальні відомості щодо інтегрованих систем проєктування виробів

На сьогодні розроблено та мають застосування у машинобудуванні різні системи і пакети програм для 3D-моделювання, що відрізняються своїми можливостями, ступенем

узагальнення, використовуваними математичними методами, якістю інтерфейсу, рівнем сервісу.

Використання інформаційно-комп'ютерних технологій на етапах створення та виробництва виробів дозволяє: підвищити якість виробів; знизити витрати на виконання робіт; скоротити час підготовки виробництва виробів.

Ці технології відомі як CALS-технології (Computer-Aided Logistics Support). Вони забезпечують керування життєвим циклом виробу на всіх етапах: розробки концепції виробу; проведення науково-дослідних робіт; проектування; виробництва; експлуатації виробу; модернізації виробу; забезпечення ремонту та технічного обслуговування виробу; утилізації.

Здебільшого інформаційні технології, що використовуються на етапах проектування та виробництва можна поділити на наступні класи:

- CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) – системи автоматизованого проектування виробів і технології їхнього виготовлення (Catia, Unigraphics, ProEngineer, PowerSOLUTION, SolidWorks, Sprut, Компас, T-FLEX та інші);
- CAE (Computer Aided Engineering) – системи автоматизованого інженерного аналізу деталей і машин (Nastran, Ansys, Comras та інші);
- PDM (Product Data Management) – системи автоматизованого керування базами даних щодо виробу (IMAN, Ortegra, Enivia та інші);
- Project Management – автоматизовані системи керування процесом проектування та системи планування (WorkFlow, DocFlow і Project Planing);
- MRP (Material Requirements Planning) – автоматизовані системи керування виробництвом (SAP R/3, BAAN, Галактика та інші).

Сучасні інтегровані системи проектування, як правило, містять засоби для конструкторсько-технологічного проекту,

аналізу і прочностному розрахунку, керування підприємством та супровід виробу в експлуатації.

У системі *UNIGRAPHICS* такими засобами є: *CAD* – система автоматизованого проєктування; *CAM* – система автоматизованого виробництва;

CAE – система інженерних розрахункових досліджень.

В останню систему (*CAE*) входить пакет прикладних програм системи *ANSYS*, що забезпечує дослідницькі та проєктні розрахунки у взаємозв'язку з іншими системами.

Система *CADDS 5* забезпечена наступними засобами:

CADDS 5/OPTEGRA – конструкторсько-технологічний проєкт;

PATRAN/NASTRAN – аналіз і розрахунок міцності;

SAPR3 – керування підприємствами;

Windchill – супровід виробу в експлуатації.

У багатьох інтегрованих системах проєктування, як правило, немає вбудованих модулів аналізу та розрахунку міцності. Вони користуються універсальними модулями або модулями інших систем.

Найпоширеніші універсальні модулі аналізу та розрахунку міцності *PATRAN/NASTRAN*, *ANSYS* и *COSMOS*. У розд. 4.4 розглядається пакет *COSMOS*.

Розрахунковий пакет *PATRAN/NASTRAN* (NASA Structural Analysis) входить до складу інтегрованої системи проєктування *CADDS5*. Цей пакет один з найбільш потужних і розгалужених щодо можливостей дослідження. Роботи з його створення були розпочаті у 1964 році.

Розрахунковий пакет *ANSYS* входить до складу інтегрованої системи проєктування *CAD/CAM/CAE UNIGRAPHICS* і створювався у 80–і роки.

Розрахунковий пакет *COSMOS* розроблено у 80-ті роки. Розроблювач пакету компанія Structural Research & Analysis Corp (SRAC), що поставляє на ринок цілий ряд програмних продуктів, які дозволяють вирішувати широкий спектр інженерних задач практично у всіх галузях промисловості, науки

та освіти. Пакет широко використовується у різних інтегрованих системах автоматизованого проєктування.

Всі перераховані пакети призначено для інженерних і науково-дослідних розрахунків, що забезпечують розробку технічного виробу (системи). Вони схожі по ідеології своєї побудови, використовуваним математичним моделям і методам їхньої реалізації, переліку розв'язуваних задач, дозволяють взаємний обмін даними та результатами розрахунків.

Всі ці пакети (в універсальній комплектації) дозволяють вирішувати наступні класи задач:

- визначення переміщень, деформацій і напруг у конструкції технічного виробу при статичних впливах (лінійна статика);
- розрахунок стійкості конструкції;
- визначення напружено-деформованого стану конструкції з використанням нелінійних моделей (фізична, геометрична нелінійність);
- напружено-деформований стан при контакті твердих тіл;
- напружено-деформований стан в елементах конструкції при наявності тріщин;
- аналіз частот і форм власних коливань конструкції;
- динамічний гармонійний аналіз і випадковий відгук – оцінка поведінки конструкції при зовнішньому полігармонійному або випадковому впливі;
- динамічні перехідні процеси – розрахунок поведінки конструкції в часі при дії на неї нестационарного зовнішнього навантаження;
- аналіз руйнування конструкції від втомленості;
- аналіз стаціонарної і нестационарної гідродинаміки;
- аналіз електромагнітних процесів;
- стаціонарні та нестационарні нелінійні теплові процеси – визначення поширення теплових потоків, аналіз температурних полів і деформацій;

- визначення чутливості результатів всіх видів аналізу до зміни конструкторських параметрів;
- багатокритеріальна оптимізація з використанням одночасно обмежень різного типу, з можливістю керування ходом процесу;
- метод субконструкції – статична конденсація;
- адаптивний аналіз напружень.

У цих пакетах в основу побудови математичних моделей, взято метод скінчених елементів. Ідея методу у моделюванні реального об'єкту сукупністю скінчених елементів (одномірних, двовимірних, тривимірних), виконанні умов їхнього з'єднання, напруги, закріплення та аналізу напружено-деформований стану такої скінчено-елементної моделі.

Алгоритм рішення задач із використанням САЕ пакетів:

- Побудова геометричної моделі технічного виробу або системи (або експорт цієї моделі з САД модуля).
- Вибір типу скінчених елементів з бібліотеки пакета для кожної зони конструкції виробу.
- Задавання властивостей матеріалів для кожної зони конструкції.
- Задавання геометричних характеристик елементів у зонах конструкції (залежно від обраного типу елемента). Ці характеристики різні для різних типів елементів: для оболонкових елементів, наприклад, це товщина, для балкових – площа поперечного перерізу, моменти інерції, ширина, висота та ін.
- Побудова скінчено-елементної моделі (розбивка конструкції на скінчені елементи).
- Перевірка правильності побудови скінчено-елементної моделі і її коректування (злиття співпадаючих вузлів, перенумерація вузлів та елементів).
- Закріплення скінчено-елементної моделі (задавання нульових або певних переміщень). Робиться у вузлах, але може бути зроблене з використанням атрибутів геометричної моделі (точки, лінії, поверхні), якщо вони асоціюються з відповідними вузлами.

- Навантаження моделі (зосереджена і/або розподілене навантаження) по вузлах, лініям і поверхням. Конкретні можливості навантаження треба розглядати стосовно до певних особливостей пакета.

- Експорт даних скінчено-елементної моделі в модуль розрахувача. Цей етап має місце, якщо в різних модулях створюється модель та виконуються розрахунки.

- Розрахунок створеної скінчено-елементної моделі в конкретному модулі розрахувача залежно від типу завдання.

- Висновок та інтерпретація результатів розрахунку (на екран, у вихідний файл).

Сучасні САЕ пакети дозволяють створювати моделі, що складаються з півмільйона елементів (при відповідній конфігурації пакету та обчислювальних засобів), при цьому розрахувачем вирішуються системи більш ніж 5 мільйонів лінійних рівнянь, що вимагає великих обсягів пам'яті та швидкодії.

6.6 Методи рішення інженерних задач на етапі проєктування технічних виробів і систем

Фізичні процеси, що характеризують напружено-деформований стан твердих тіл, рух і теплообмін рідкого середовища, моделюються різними програмами за допомогою методів розглянутих у цьому розділі. У даному підрозділі, із загальнотеоретичної точки зору розглянуто метод скінчених елементів, метод скінчених об'ємів і методи оптимізації при рішенні інженерних задач.

Основи методу скінчених елементів

Метод скінчених елементів (МСЕ) на сьогодні є стандартом при рішенні задач механіки твердого тіла за допомогою числових алгоритмів. МСЕ зайняв лідируюче положення завдяки можливості моделювати широке коло об'єктів та явищ (абсолютну більшість конструктивних елементів, вузлів і

конструкцій, виготовлених з найрізноманітніших матеріалів, що мають різну природу). Але при використанні даного методу, як і будь-якої числової апроксимації питання відповідності між розрахунковою моделлю та реальністю є, мабуть, основним при використанні програм аналізу. Незважаючи на те, що такі програми мають більш-менш докладну документацію, вони однаково залишаються деякою мірою чорними ящиками. Це означає певну непередбачуваність результатів, а також деяке свавілля в їхній інтерпретації. Отже, якість висновків, прийнятих на основі результатів, залежить від кваліфікації, а також, стосовно до розрахунку на міцність, принципного знайомства з основами МСЕ. Для одержання більш докладної інформації щодо цього методу рекомендуються наступні літературні джерела. У даному розділі розглядається цей метод стосовно до задач механіки деформованого твердого тіла.

Поняття скінченого елемента

В основі методу лежить дискретизація об'єкта з метою рішення рівнянь механіки суцільного середовища в припущенні, що ці співвідношення виконуються в межах кожної з елементарних областей. Ці області називаються скінченими елементами. Вони можуть відповідати реальній частині простору, як, наприклад, просторові елементи, або ж бути математичною абстракцією, як елементи стрижнів, балок, пластин або оболонок. У межах скінченого елемента призначаються властивості ділянки об'єкта, що обмежується їм, (це можуть бути, наприклад, характеристики твердості та міцності матеріалу, об'ємна густина і т. д.) і описуються поля потрібних величин (стосовно до механіки твердого тіла це переміщення, деформації, напруження і т. д.). Параметри із другої групи призначаються у вузлах елемента, а потім використовуються функції, що інтерполюють, за допомогою яких відповідні значення можна обчислити в будь-якій точці усередині елемента або на його границі. Задача математичного

опису елемента зводиться до того, щоб зв'язати діючі у вузлах фактори. У механіку суцільного середовища це, як правило, переміщення та зусилля.

Розглянемо прямий метод побудови рівнянь, що зв'язують ці фактори в межах скінченного елемента, у припущенні лінійної залежності.

Поле переміщень A у межах елемента за допомогою інтерполяційних функцій (у так званих ізопараметричних скінчених елементах, використовуваних, зокрема, в *COSMOSWorks*, вони ідентичні функціям форми), зібраних у матрицю $[N]$, виражається через вузлові переміщення $\{\Delta\}$. У матричному виді співвідношення мають вигляд:

$$\Delta = N \cdot \{\Delta\} = N[u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2, \dots, u_k, v_k, w_k]$$

де k – число вузлів скінченного елемента.

Визначається поле деформацій ε , яке виражається за ступенями свободи $\{\Delta\}$ за допомогою диференціювання поля переміщень (інтерполяційних функцій) відповідно до співвідношень, зібраних у матрицю $[D]$, що зв'язує деформації з переміщеннями:

$$\varepsilon = [D] \cdot \{\Delta\}$$

З урахуванням рівнянь стану, в основі яких лежить закон Гука і коефіцієнти які утворюють матрицю $[E]$, встановлюється зв'язок спочатку між полем напруг і полем деформацій:

$$\sigma = [E] \cdot \varepsilon$$

а потім і між напругами та ступенями свободи у вузлах:

$$\sigma = [E] \cdot [D] \cdot \{\Delta\}$$

Визначаються функціональні залежності для сил $[F]$, що діють у вершинах елемента, залежно від поля напруг σ з використанням матриці перетворення напруг у вузлові сили $[A]$:

$$\{F\} = [A] \cdot \{\sigma\}$$

Взаємозв'язок вузлових сил і переміщень у вузлах має вигляд:

$$\{F\} = [k] \cdot \{\Delta\}$$

де $[k] = [A] \cdot [E] \cdot [D]$ – матриця жорсткості скінченного елемента.

Для надання матриці $[k]$ властивості симетрії домагаємося заміни матриці перетворення жорсткості матрицею, транспонованою до матриці перетворення переміщень у деформації $[D]$. Тоді:

$$[k] = [D]^T \cdot [E] \cdot [D]$$

Перераховані залежності дозволяють, знаючи переміщення у вузлах, одержати величини сил, а також вирішити зворотну задачу: за заданими силами знайти переміщення, потім деформації та напруження в межах скінченного елемента.

Пряме формулювання, як правило, використовується для одержання матриць жорсткості скінчених елементів стрижнів, балок і пластин, а також для опису процесу теплопровідності.

Для одержання матриць жорсткості просторових елементів найбільш часто використовуються варіаційні принципи, наприклад, принцип мінімуму потенційної енергії. Одержана у такий спосіб матриця жорсткості з пункту буде обчислюватися як:

$$[k] = \left[\int_V [D]^T \cdot [E] \cdot [D] dx dy dz \right]$$

Проблема інтегрування за об'ємом тіла складної форми або ж, у випадку оболонкових елементів, – по криволінійній поверхні вирішується за рахунок того, що функціональну залежність записують в локальній системі координат, пов'язаної з елементом

ξ, ψ, η причому координати змінюються в інтервалі $[-1, +1]$. При цьому вираження для елементарного об'єму набуває виду:

$$dx dy dz = [J] d\xi d\psi d\eta$$

де $[J]$ – визначник матриці Якобі. Тоді:

$$[k] = \left[\iiint_{-1}^{+1} [D]^T \cdot [E] \cdot [D] \det[J] d\xi d\psi d\eta \right]$$

Аналітичний розрахунок інтегралів для матриці жорсткості неможливий навіть для трикутників із криволінійними сторонами. Тому вдаються до чисельного інтегрування. Воно полягає в заміні інтеграла сумою добутків підінтегральних функцій, обчислених у точках Гауса або в деякій іншій системі точок на відповідні вагові коефіцієнти. Цей процес супроводжується розрахунком величини визначника Якобі. Негативна величина є наслідком виродженості даного скінченого елемента. Як правило, інформація про дану обставину міститься в діагностичних повідомленнях програм.

Алгоритм методу скінчених елементів

Маючи математичний апарат для одержання матриць жорсткості скінчених елементів, приведення навантажень, прикладених до поверхні або в об'ємі елементу до зусиль у вузлах, а також рішення зворотної задачі: обчислення полів деформацій і напружень в об'ємі елементу на базі переміщень у вузлах, можна побудувати алгоритм МСЕ. Приведемо один з його варіантів для рішення задач у припущенні лінійної залежності. Конкретні реалізації можуть істотно відрізнятися від даної схеми.

1. Виконується дискретизація об'єму деталі (будується сітка скінчених елементів). Для об'ємного тіла область розбивається (у рамках функціональності *COSMOSWorks*) на тетраедри із гранями, що апроксимована лінійними або параболічними функціями координат. Для поверхневих моделей – на плоскі (лінійна) або криволінійні (параболічна залежність) трикутники.

2. Для просторових скінчених елементів ступенями свободи є переміщення в напрямку осей локальної системи координат елемента.

Для скінчених елементів оболонок до трьох переміщень у кожному вузлі додаються три кута повороту нормалі до середньої поверхні області, апроксимованої елементом, щодо тих же осей.

3. Визначаються залежності для перетворення переміщень і кутів повороту у вузлах до глобальної системи координат.

4. Обчислюються матриці жорсткості скінчених елементів. У формули для розрахунку компонентів матриць жорсткості скінчених елементів крім координат вузлів входять модулі пружності та коефіцієнти Пуансона матеріалів.

5. Одержані матриці жорсткості з використанням залежностей для переходу від локальних систем координат елемента в глобальні перетворюються в глобальну систему координат.

6. Матриці жорсткості, представлені в глобальних координатах, поєднуються в глобальну матрицю жорсткості $[K]$.

7. Призначені граничні умови, статичні та кінематичні, приводяться до навантажень і переміщень у вузлах, вираженим у глобальній системі координат, і включаються в стовпець сил $[F]$.

8. Отримана лінійна система рівнянь виду $[K] \cdot [\Delta] = [F]$ вирішується щодо стовпця переміщень. Це найбільш трудомісткий етап розрахунку. Для рішення використовуються ітераційні або прямі методи.

9. Для кожного скінченного елемента, маючи переміщення (кути повороту) у вузлах та апроксимуючі функції, розраховуються деформації. Якщо елементи лінійні – деформації в межах елементів постійні, якщо елементи параболічні – деформації змінюються лінійно. На основі деформацій обчислюються напруження в елементах. При необхідності (функція програми) напруження у вузлах суміжних елементів осереднюються з наступним перерахуванням напружень у межах кожного елемента.

10. На основі компонентів напружено-деформованого стану та параметрів міцності матеріалу (матеріалів) виконується обчислення еквівалентних напружень за будь-яким критерієм міцності.

Врахування нелінійності в процедурах МСЕ

Досить часто модулі нелінійного аналізу в САЕ програмах є надбудовою над базовою частиною, відповідальною за пружний статичний розрахунок. Розглянемо деякі аспекти реалізації цих процедур.

Нелінійні задачі характеризуються нелінійною залежністю між діючими факторами та реакцією на них системи. Крім того, нерідко граничні умови (прикладені навантаження та переміщення) змінюються в часі. Для урахування цього явища вводиться поняття крива часу (в *COSMOSWorks* – Time curve). Зміст її в тім, що вводиться параметр, що має розмірність часу й, залежно від його величини, призначаються обумовлені їм умови (сила, напруга, переміщення і т.

д.). Якщо досліджуваний об'єкт містить матеріал, характеристики якого можуть залежати від часу, то параметр відповідає фізичному часу.

У протилежному випадку – це абстрактна величина, масштаб якої вибирається з міркувань зручності подання кривих (реальний час фігурує також у завданнях динаміки, однак функціональність *COSMOSWorks* не передбачає їх вирішення). Головною вимогою в ході опису зовнішніх факторів є синхронність їхньої дії. Наприклад, якщо на об'єкт, виготовлений з матеріалу, що має властивість фізичної нелінійності, спочатку діє одна сила, а потім, після того як її дія припиняється, інша, то перший фактор розміщується в одному інтервалі, а другий – у наступному. Тривалість цих інтервалів може бути різною. І навпаки, якщо сили в реальності прикладаються одночасно, то розміщати їх треба в тому самому відрізку часу.

Наступна процедура, необхідна для модифікації алгоритму МСЕ стосовно до рішення нелінійних задач, – керування збереженням системою стану рівноваги. У більшості прикладних програм присутні три методи, що використовуються для різних класів задач.

Метод сил (Force Control), коли після збільшення навантажень відповідно до кривої часу на величину деякого кроку визначаються переміщення, що задовольняють рівнянням рівноваги. Як правило, метод сил застосовується для задач із фізичною нелінійністю матеріалів. Алгоритм непридатний для моделювання знеміцнюваних систем (тобто коли на деякому етапі збільшення переміщень відбувається без приросту силових факторів).

Метод переміщень (Displacement Control), коли для призначеного збільшення переміщень підбирається параметр часу, що визначає діючі в цей момент силові фактори. Даний алгоритм варто використовувати в ситуаціях, коли можлива геометрична нелінійність поведінки конструкції. Алгоритм непридатний для розрахункових схем, коли деформація конструкції під дією прикладених у вигляді граничних умов

переміщень на деякому етапі супроводжується зменшенням породжуваних цими переміщеннями сил. Один з варіантів цього явища – проклацання тонкостінних об'єктів у ході втрати стійкості.

Метод довжини дуги (Arc Length Method), відомий у вітчизняній літературі як метод продовження по найкращому параметру. Програма автоматично вводить деякий параметр, який називається параметром продовження, що входить у додаткове рівняння і включає в рівняння рівноваги. Метод заснований на тім, що на кожному кроці просування уздовж безлічі можливих рішень із урахуванням інформації щодо рішення, одержаних на попередніх кроках. Даний алгоритм варто застосовувати для аналізу закритичного поведіння конструкцій, коли після втрати стійкості відбувається проклацання, і система переходить у новий стан рівноваги.

При рішенні задач, що містять нелінійності, необхідно визначити ітераційний алгоритм для рішення системи нелінійних рівнянь в процесі застосування навантаження. Його функція складається в коректуванні параметрів, що описують стан системи, після кожного кроку збільшення навантаження. Якщо прикласти додаткове навантаження та на основі параметрів жорсткості, що відповідають рівню деформацій, діагностованих на попередньому кроці, розрахувати зусилля у вузлах, то можна обчислити непогодженість між прикладеними та одержаними силами. Далі потрібно почати дії для мінімізації цієї непогодженості. Найбільш популярні два алгоритми.

Метод Ньютона – Рафсона (Newton – Raphson), коли дотична матриця жорсткості будується на кожній ітерації в межах будь-якого кроку збільшення навантаження. Сам по собі алгоритм має квадратичну швидкість збіжності та має високу стійкість. Однак необхідність будувати та розкладати матрицю жорсткості вимагає значних обчислювальних ресурсів.

Модифікований метод Ньютона – Рафсона (Modified Newton-Raphson), у якому дотична матриця жорсткості на кожному кроці збільшення навантаження будується один раз, а потім використовується на всіх субітераціях у межах кроку. Цей алгоритм вимагає більшого числа ітерацій, однак час заощаджується за рахунок скорочення операцій з матрицею жорсткості.

Ще одна група алгоритмів, які відрізняють нелінійний розрахунок від лінійного і визначають момент закінчення ітерацій як у межах кроку збільшення навантаження, так і у момент закінчення цих збільшень. Це досить специфічне питання, і тому – на даному рівні викладу – можна порекомендувати при визначенні відповідних параметрів вирішити його експериментальним шляхом. Відзначимо, що залежно від алгоритму керування ітераційним процесом (метод сил, переміщень, довжини дуги) використовуються критерії збіжності по переміщеннях, величині неврівноважених навантажень, балансі енергії.

Методи оптимізації в інженерному аналізі

Основна задача інженерної діяльності є створення «найкращих» конструкцій. Вона вирішується за допомогою декількох інструментів. Перший – виконання відповідно до певних нормативів і стандартів, у яких закладено досвід «попередніх поколінь». Ці джерела створювалися різними шляхами: систематизацією досвіду, експериментальним відпрацьовуванням, не виключено і випадки, коли аргументи розроблювачів стандартів не занадто легко зрозуміти. Проте, у переважній більшості ситуацій дотримання нормативів є найбільш надійний шлях. Також конструктори використовують інженерну інтуїцію, практичні навички, досвід попередніх розробок. Іноді цей шлях дає непогані результати, особливо коли вирішуються концептуальні питання – алгоритми генерації нових знань, незважаючи на певний прогрес у деталях. Ще один спосіб створення «кращих» виробів – використання алгоритмів оптимального проектування. Зрозуміло, що

найбільш підходящим варіантом є спільне використання всіх засобів.

Для одержання систематичних знань в області оптимального проєктування, рекомендуємо.

Алгоритми оптимізації

Алгоритми оптимізації поділяються на параметричні та ті, які пов'язані з аналізом чутливості. Мета перших – підбір змінних, що описують геометрію (це найпоширеніший випадок), характеристик матеріалів, параметрів армування матеріалів і т. д.

Аналіз чутливості передбачає одержання форми тіла, що задовольняє заданим вимогам. Одним з розходжень між методами є те, що параметрична оптимізація припускає опис форми тіла через деякі параметри. Потім ці параметри враховуються при побудові об'єкту. Далі будується геометрична модель, після чого для неї виконуються необхідні розрахунки. При цьому інформація про параметри проєктування необхідна тільки на етапах пошуку оптимуму та формування моделі. У прикладних розрахунках вона не використовується (для розрахунку МСЕ або іншого чисельного алгоритму зовсім не обов'язково). Методи аналізу чутливості припускають, що об'єктом пошуку є форма об'єкта. Наприклад, якщо аналізується пластина на згин, те це товщини всіх скінчених елементів, на які вона розбита. Якщо проєктується ферма (спорудження зі скріплених стрижнів), то це параметри перетинів стрижнів, що утворюють розрахункову модель. Алгоритми аналізу чутливості убудовані в спеціальні скінчено-елементні програми і є досить складними для експлуатації.

Параметрична оптимізація більше відповідає потребам інженерних задач. Тут пошук виробляється в обмеженому просторі, границі для параметрів можуть бути призначені виходячи із практичних міркувань, та наступне припасування розмірів до нормального ряду чисел, як правило, тільки незначно погіршують проєкт. Основою для її широкого вико-

ристання стали параметричні системи геометричного моделювання. Наприклад, SolidWorks, маючи відпрацьовані алгоритми опису та зміни форми, інструменти конфігурацій, апарат рівнянь, процедури контролю геометричної реалізованості, дозволив природно зв'язати з ним засоби оптимізації COSMOSWorks. При цьому розміри є змінними проектування.

Ще одна обставина, виявилася принциповою для об'єднання методів чисельного аналізу та оптимізації, – це розвиток препроцесорів у програмах САЕ. Препроцесору доручається задача автоматизованої побудови сітки, а також реалізації граничних умов. Крім того, продуктивність як програмних, так і апаратних засобів на сьогодні така, що методи чисельного аналізу можуть використовуватися разом з алгоритмами оптимізації, у той час як раніше використовувалися, в основному, аналітичні рішення.

Базові поняття задачі умовної оптимізації

Задача умовної оптимізації (або нелінійного програмування) мають наступне формулювання:

мінімізувати цільову функцію $f(x)$, де $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ – N -мірний вектор, компоненти якого є дійсними числами, називаються змінними проектування та варіюються в інтервалах:

$$x_i^{(L)} < x_i \leq x_i^{(U)} \quad i = 1, 2, 3, \dots, N$$

за умови дотримання обмежень-нерівностей:

$$g_j(x) \geq 0; \quad j = 1, 2, 3, \dots, J; \quad h_k(x) = 0; \quad k = 1, 2, 3, \dots, K$$

Слово «умовна» у назві задачі позначає, що на змінні проектування накладені якісь обмеження. Якщо обмежень, у тому числі і на діапазон змінних величин проектування, немає, то оптимізація називається *безумовною*.

У межах припустимої області функція може мати декілька мінімумів. Той мінімум, де функція має найменше значення називається *глобальним*. Інші мінімуми є *локальними*.

Спроба задати їх у програмі істотно ускладнює як сам алгоритм, так і процес його експлуатації. Тому цей тип обмежень намагаються виключити, наприклад, перетворенням задачі зі зменшенням числа незалежних змінних проектування.

Відомо велика кількість алгоритмів рішення задачі умовної оптимізації. Для цільової функції з лінійними або нелінійними обмеженнями абсолютна більшість із них входить у дві групи: це *методи прямого пошуку* (розглянемо тільки цей різновид як найбільш актуальну для інженерних розрахунків) і процедури, що використовують похідні. Незважаючи на не занадто високу в порівнянні із градієнтними алгоритмами ефективність при рішенні модельних задач, вони виявляються найбільш практичними для використання разом з алгоритмами чисельного аналізу, наприклад, методом скінчених елементів. Справа в тім, що результати, які одержуються МСЕ та іншими сітковими процедурами: напруги, переміщення, власні частоти, величини критичної сили і т. д. приведуть до негладкості або, більше того, розривності як цільової функції, так та обмежень. Обмеження можуть накладатися не тільки на геометричні параметри, але і на компоненти напруг, переміщень або на критичні сили, тобто те, що прямо або побічно пов'язане з результатами. Негладкість або розривність можуть бути результатом особливостей формулювання задачі оптимізації або ж бути наслідком властивостей фізичної моделі. Також при використанні чисельних методів виникає проблема неоднозначності та локальної нестійкості рішення.

Це значить, що мала зміна параметрів (геометрії моделі, настроювань сітки, вирішувачей і т. д.) приводить до результату, «істотно» відмінному від вихідного варіанта. У зв'язку із цим процес обчислення похідних цільової функції та обме-

жень по змінним проектування є вкрай чутливим до особливостей задачі й, більш того, стає залежним від особливостей дослідника (скільки дослідників, стільки і варіантів сітки кінцевих елементів, стільки і результатів). Домогтися збіжності в таких обставинах дуже важко і, як наслідок, застосування градієнтних методів в оптимізаційних процедурах як у сенсі програмування, так і при експлуатації, є свого роду мистецтвом.

Методи прямого пошуку в меншому ступені чутливі до локальної негладкості та разривності цільової функції і обмежень. Тому висновок наступний. Удосконалені алгоритми, якщо використовувати їх для рішення строго обкресленого кола задач, гіпотетично більше продуктивні, вони також засновані на строгих критеріях оптимальності і дозволяють одержати «точне» рішення. Однак є ймовірність, що, у силу ряду обставин, процедура, якщо нею користуватися спільно із МКЭ або спорідненим вирішувачем, не дасть правильного результату. При цьому методи, що не вимагають обчислення похідних, дозволяють одержати, можливо і не оптимальний, але «кращий» у порівнянні з вихідним варіантом. Ступінь «поліпшення» залежить як від математичної основи алгоритму, так і від дослідника, що управляє процесом.

Неабияка частина алгоритмів умовної оптимізації базується на методах безумовної оптимізації. Як правило, для цього використовується заміна задачі. У цільову функцію вводиться добавка, що характеризує «ступінь» порушення обмежень. Ці алгоритми одержали назву *методів бар'єрних і штрафних функцій*. У першому випадку збільшення функції відбувається при наближенні до обмеження зсередини припустимої області, досягаючи на активному обмеженні нескінченної величини. У другому варіанті усередині та на границі припустимої області «добавка» дорівнює нулю, а потім, при виході за кордон припустимої зони, вона починає зростати. Для завдань із потенційно негладкою цільовою функ-

цією та нелінійними обмеженнями найбільш ефективною є *недиференційовані штрафні функції*. Перший варіант: стала штрафна функція, що є, по суті, нескінченним бар'єром. При спробі влучення пробної точки в неприпустиму область функція приймає «нескінченне» значення, після чого приймається рішення про те, як діяти далі. Недоліком цього алгоритму є неможливість «участі» неприпустимих точок у наступному аналізі й, відповідно, схильність алгоритмів до зациклення, якщо мінімум лежить на границі.

Другий варіант – використання абсолютної функції штрафу. По суті, даний вид штрафу – це сума абсолютних величин відхилення порушених обмежень. Вираження для результуючої функції має вигляд:

$$f(x, \rho) = f_0(x) + \rho \sum_{i \in I} |c_i(x)|$$

де: f – функція з урахуванням штрафу;

f_0 – початкове значення цільової функції;

ρ – параметр штрафу;

$c(x)$ – вектор порушених у точці x обмежень;

I – число порушених обмежень.

Природним є питання, який параметр штрафу потрібно використати. Теоретично він повинен залежати від поведінки вихідної цільової функції. Якщо, наприклад, вона «швидко» убуває в точці на лінії обмеження, то «малий» штраф не зможе компенсувати це зменшення, і програма продовжить пошук за межами припустимої області. Якщо ж штраф «занадто» великий, то виникають проблеми, властиві абсолютним штрафам. Таким чином, використання методів прямого пошуку вкупі із зовнішніми штрафними функціями також пов'язане з певним суб'єктивізмом, а одержувані результати не завжди відповідають очікуванням. Наприклад, можна припустити, що в основі модуля оптимізації

COSMOSWorks, лежить описаний далі алгоритм. Тому в ситуаціях, коли виявлений програмою умовний оптимум лежить на одному або декількох обмеженнях, можливий «невеликий» вихід за межі припустимої області.

Алгоритм методу комплексів

Розглянемо алгоритм комплексів (він ще відомий як *метод багатогранника*) на основі задачі умовної оптимізації переробленої відповідно до оптимізації безумовної за допомогою алгоритму абсолютної штрафної функції. Зміст методу в тім, що на базі деякої вихідної точки, що повинна бути припустимою, методом випадкового пошуку будуються ще декілька точок, так, щоб їхнє число дорівнювало числу варіюваних параметрів плюс один. У просторі точки утворюють багатогранник. Серед всіх вершин виділяється найгірша (модифікована цільова функція, з урахуванням штрафу, має максимальне значення). Після цього нова пробна точка шукається відбиттям найгіршої щодо центра ваги інших. Для цього використовується коефіцієнт відбиття a , який традиційно береться рівним 1,3. Якщо пробна вершина порушує обмеження, накладені на інтервали вимірюваних змінних, то вона визначається як найближча до центра ваги інших вершин обмеження. Якщо й після цього вона порушує будь-яке інше обмеження, то коефіцієнт відбиття зменшується у два рази. Так само коефіцієнт відбиття зменшується, якщо нова пробна точка залишається гіршою за ті, які залишилися від попередньої ітерації. У ході роботи відбувається зменшення розмірів комплексу, а також його деформування. Зокрема, тривала взаємодія з обмеженнями здатна приводити до втрати комплексом розмірності n , як наслідок, до неможливості просуватися в «перспективних» напрямках після того, як певна частина шляху уздовж активного обмеження пройдена, а обмеження «викривилося».

Приведемо формалізований опис алгоритму. Є припущення початкова точка x^0 , інтервали змінних $[x_i^L, x_i^U]$ коефіцієнт відбиття a і параметри закінчення обчислень.

Крок 1. Побудова початкового комплексу, що складається з P припустимих точок. Для кожної точки $p = 1, \dots, P - 1$:

Імовірнісним методом визначити координати x_i^p в інтервалі між x_i^L і x_i^U

1. Якщо x^p – неприпустима точка, знайти центр ваги X уже знайдених точок

$$x^p = x^p + 0,5(X - x^p)$$

повторювати процедуру доти, поки x^p не стане припустимою.

2. Якщо x^p – припустима точка, повторювати п. 1 доти, поки не буде $p=P-1$.

3. Обчислити $f(x^p)$ для $p=P-1$.

Крок 2. Відбиття комплексу:

1. Серед всіх вершин комплексу вибрати найгіршу точку x^R , для якої

$$f(x^R) = \max f(x^p)$$

і привласнити змінній $F_{\max} = f(x^R)$.

2. Знайти центр ваги X інших точок і нову пробну точку:

$$x^m = X + a \cdot (X - x^R)$$

Далі можливі наступні варіанти:

– якщо x^m – припустима точка і $f(x^m) \geq F_{\max}$, то зменшити у два рази відстань між x^m і центром ваги X і продовжувати пошук, поки $f(x^m) < F_{\max}$;

- якщо x^m – припустима точка і $f(x^m) < F_{\max}$, перейти до кроку 4;

- якщо x^m – неприпустима точка, перейти до кроку 3.

Крок 3. Коректування комплексу для забезпечення влучення вершини в припустиму область.

Якщо $x_i^m < x_i^{(L)}$, покласти $x_i^m = x_i^{(L)}$, якщо $x_i^m > x_i^{(L)}$ покласти $x_i^m = x_i^{(L)}$, причому при зменшенні або збільшенні

однієї з координат пробної крапки, інші повинні зменшитися або збільшитися пропорційно.

Якщо x^m – неприпустима точка, зменшити у два рази відстань від пробної точки до центра ваги та продовжувати так доти, поки x^m не потрапить у припустиму область.

Крок 4. Перевірка умов закінчення обчислень:

1. Визначити

$$F = \frac{1}{2} \sum_p f(x^p)$$

і

$$X = \frac{1}{P} \sum_p x^p$$

2. Якщо

$$\sum_p (f(x^p) - F) \leq \varepsilon$$

і

$$\sum_p (x^p - X) \leq \delta$$

припинити і вважати, що оптимум знайдений; у протилежному випадку перейти до пункту 1 кроку 2.

Кінець алгоритму.

У деяких реалізаціях алгоритму пункт 2 кроку 2 (це відповідає ситуації, коли пробна точка виявилася краще найгіршої) виглядає в такий спосіб:

Якщо x^m – припустима точка і $f(x^m) < F_{\text{макс}}$, то:

- серед всіх вершин комплексу вибрати найкращу точку x^w , для якої

$$a(x^w) = \min f(x^p)$$

і привласнити змінній $F_{\text{мін}} = f(x^w)$;

ін. Окрім того, стандарт враховує історичні традиції та норми української мови, зокрема, щодо подання прізвищ та імен авторів тощо.

Звіт про виконану науково-дослідну роботу (НДР) має складатися з чотирьох частин: **вступна частина, основна частина, додатки, матеріал у кінці звіту**.

Вступна частина містить такі структурні елементи:

- обкладинку (сторінки 1 і 2 обкладинки);
- титульний аркуш;
- список авторів;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів;
- передмову.

Основна частина складається з:

- вступу;
- суті звіту;
- висновків;
- рекомендацій;
- переліку посилань.

Додатки розміщують після основної частини звіту.

Матеріал у кінці звіту може містити список організацій, які розповсюджують звіт, та вихідних відомостей.

Стандарт встановлює основні вимоги щодо звітів із завершених НДР, а також правила друкування звіту.

Текст друкують машинописним або комп'ютерним способом, дотримуючись полів: ліве — не менше 30 мм, праве — не менше 10, верхнє — не менше 15, нижнє — не менше 20 мм — через півтора або два інтервали, а при друкуванні за допомогою комп'ютера використовують шрифт Times New Roman Cyr текстового редактора Word розміром 14 пунктів з полуторним міжрядковим інтервалом. Формат паперу А4 (210 x 297 мм).

Вимоги до основних структурних елементів вступної частини:

Обкладинка надає користувачеві перше уявлення про звіт і тому має бути чіткою, зрозумілою та інформативною. Зовнішній бік обкладинки містить ідентифікатори звіту, міжнародний стандартний книжковий номер (ISBN), відомості про виконавця роботи – юридичну особу (організацію) або фізичну особу, повну назву документа, прізвища авторів звіту, рік складання звіту, спеціальні записи та обмеження розповсюдження.

Титульний аркуш є першим аркушем роботи і включає такі дані: обмеження щодо розповсюдження або гриф таємності (якщо необхідно); ідентифікатори звіту; міжнародний стандартний книжковий номер (ISBN) або міжнародний номер серіального видання (ISSN) – наводять для звітів, котрі видаються; відомості про виконавця роботи – юридичну особу (організацію) або фізичну особу; грифи затвердження та погодження; повна назва документа; підписи відповідальних осіб, включаючи керівника роботи; рік складення (затвердження) звіту. Відомості на титульному аркуші в основному збігаються з відомостями на обкладинці.

Список виконавців включає прізвища всіх відповідальних виконавців, виконавців і співвиконавців (авторів роботи), які брали творчу участь у роботі, із зазначенням їх посад, наукових ступенів, вчених звань. Якщо виконавець роботи тільки один, його прізвище і підпис поміщають на титульному аркуші.

Реферат призначений для ознайомлення зі звітом. Він має бути стислим, інформативним і містити відомості, які дозволяють прийняти рішення про доцільність читання всього звіту. Реферат має бути розміщений безпосередньо за списком авторів, починаючи з нової сторінки. Тексту реферату при виданні звіту передують повний бібліографічний опис звіту, який виконують відповідно до вимог чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи.

Реферат повинен містити:

- відомості про обсяг звіту, кількість частин звіту, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків, кількість джерел згідно з переліком посилань (усі відомості наводять, включаючи дані додатків), у рефераті вказується також вид звіту (проміжний чи остаточний), відомості про кількість ілюстрацій супроводжуються вказівками щодо їх характеру (схеми, креслення, графіки, фотокартки);

- текст реферату, в якому зазначають дані про об'єкт дослідження або розроблення; мету роботи; методи дослідження та апаратуру; результати та їх новизна; основні конструктивні, технологічні і техніко-експлуатаційні характеристики та показники; ступінь впровадження; взаємозв'язок з іншими роботами; рекомендації щодо використання результатів роботи; галузь застосування; економічну ефективність; значущість роботи та висновки; прогностні припущення про розвиток об'єкта дослідження або розроблення;

- перелік ключових слів повинен включати від 5 до 15 слів у називному відмінку.

Реферат належить виконувати обсягом не більш як 500 слів, і, бажано, щоб він уміщувався на одній сторінці формату А4.

У наш час у багатьох організаціях та установах введені автоматизовані системи пошуку інформації. Тому в рефераті наводяться ключові слова (іменники або словосполучення з іменниками), що виражають окремі поняття, істотні для розкриття змісту тексту.

Зміст включає перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів; передмову; вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) суті звіту; висновки; рекомендації; перелік посилань; назви додатків і номери сторінок, які містять початок матеріалу. У змісті можуть бути перелічені номери та назви ілюстрацій та таблиць з зазначенням сторінок, на яких вони вміщені.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів містить всі прийняті у звіті малопоширені умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни пояснюють у переліку, який вміщують безпосередньо після змісту, починаючи з нової сторінки.

Вимоги до основних структурних елементів основної частини

Вступ до звіту про виконану НДР повинен містити оцінку стану досліджуваної науково-дослідної проблеми, якій присвячено роботу, а також її мету, провідні фірми та провідних вчених і фахівців даної галузі; світові тенденції розв'язання поставлених задач; актуальність даної роботи та підставу для її виконання; мету роботи та галузь застосування, має містити в собі максимум корисних відомостей (часто вступ разом із завершенням становить для окремих користувачів самостійний інтерес). Тут треба чітко сформулювати, в чому полягає новизна роботи, та вказати сподіваний або очікуваний економічний ефект.

Основна частина повинна містити:

- вибір напрямку дослідження;
- сутність теоретичних та/або експериментальних досліджень;
- узагальнення та оцінку результатів досліджень. Науково-дослідна робота має *відображати*:
 - обґрунтування вибору обраного напрямку дослідження; методи вирішення завдань та їх порівняльну оцінку; розробленість загальної методики виконання дослідження, аналіз та узагальнення існуючих результатів;
 - характер і зміст виконаних теоретичних або прикладних досліджень;
 - оцінку повноти вирішення поставленого завдання, відповідність виконаного дослідження програмі, оцінку достовірності отриманих результатів, обґрунтування необхідності проведення додаткових досліджень.

Аналітичний огляд повинен повно і систематизовано висвітлювати стан питання, якому присвячено працю. По суті, це огляд літератури і водночас її аналіз. Аналізуються ідеї та проблеми, можливі підходи до розв'язування задачі, результати теоретичних пошуків та експериментів за темою і результати патентних досліджень. В огляді треба окреслити основні проблеми та намічені шляхи до їх вирішення. Огляд повинен завершуватися рекомендаціями щодо теоретичних наукових досліджень.

В обґрунтуванні обраного напрямку роботи слід показати його переваги порівняно з іншими можливими. Обґрунтування напрямку та робоча гіпотеза мають опиратися на рекомендації огляду. Перевага обраного методу повинна оцінюватися як з наукового, так і з економічного боку.

У розділах звіту, що відбивають методiku, зміст і результати виконаної роботи, детально та послідовно розкривається зміст виконаної НДР і описуються всі проміжні та остаточні результати, у тому числі негативні.

Методика дослідження повинна подаватися детально з обґрунтуванням її вибору.

Описуючи той чи інший експеримент, слід подавати відповідну програму, висвітлювати його суть, оцінювати точність і достовірність отриманих результатів, які порівнюються з теоретичними.

Наприкінці розділу необхідно пояснити одержані результати і описати їх можливе застосування. Отримані математичні залежності рекомендується ілюструвати прикладами конкретних розрахунків.

Висновки повинні містити стислий підсумок результатів виконаної науково-дослідної роботи чи окремих її етапів, пропозиції щодо їх використання, включаючи впровадження. Слід зазначити наукову, соціальну значущість результатів роботи. У висновках намічаються шляхи та мета подальшої роботи (у разі потреби мотивується недоцільність

її продовження), а також зазначається, чим закінчилася дослідницька робота (отримано наукові результати про нові об'єкти, процеси, явища та закономірності, розроблено наукові основи певної теорії тощо).

У звіті на ґрунті одержаних висновків можуть наводитись *рекомендації*. У рекомендаціях визначають подальші роботи, які вважають необхідними, приділяючи основну увагу пропозиціям щодо ефективного використання результатів дослідження чи розроблення. Вони повинні мати конкретний характер і бути повністю підтверджені звітною роботою. Їх вміщують після висновків, починаючи з нової сторінки.

У *списку використаних джерел* наводиться повний бібліографічний опис монографій, наукових збірників, статей, архівних та інших документів, що були використані при виконанні науково-дослідної роботи. Методику складання бібліографічного опису і списків наведено нижче.

У *додатки* включається допоміжний матеріал, оригінали або копії креслень, виконаних в процесі НДР.

Загальні вимоги до оформлення тексту звіту, ілюстрацій і таблиць

Звіт складається у вигляді тексту, ілюстрацій, таблиць і оформлюється на аркушах паперу формату А4 комп'ютерним набором на одному боці аркуша білого паперу. Під час оформлення звіту треба керуватися «Методичними вказівками до складання звітів про науково-дослідні роботи».

Звіт повинен бути написаний простою мовою, щоб його міг зрозуміти спеціаліст не тільки даної, а й суміжної галузі. Термінологія, найменування, означення та зміст понять мають бути незмінними у всьому тексті.

Не слід вживати вирази типу «добра відповідальність», «достатня точність», складні мовні звороти, ненормативні вирази, професіоналізми і тощо. Умовні позначення термінів

також повинні бути однотипними. Усі скорочення необхідно розкривати тоді, коли їх вжито вперше.

Назви іноземних журналів, іноземних фірм пишуть як в українській транскрипції, так і мовою оригіналу (у дужках).

Математичні знаки слід використовувати лише в формулах. У тексті вони подаються словами, тобто записують не « $U=15V$ », а «напруга дорівнює 15В». Винятком можуть бути лише знаки «+» і «-» біля цифр (наприклад, «+ 150°C»). Знаки №, §, % та інші використовуються тільки разом з цифровими або буквеними позначеннями (наприклад, «№1»). Числа при одиницях фізичних величин слід писати тільки цифрами (наприклад, «температура 130°C»).

Основні розділи розбивають на підрозділи, параграфи та пункти. Розділи, підрозділи та пункти нумеруються арабськими цифрами (наприклад, 1.3.5 – п'ятий пункт третього підрозділу першого розділу).

Нумерація сторінок звіту має бути наскрізною, перша сторінка – титульний лист, друга – список виконавців, третя – реферат, четверта – зміст.

Нумерація сторінок подається арабськими цифрами у правому верхньому кутку. На сторінках, зайнятих рисунками, номер сторінки можна не проставляти, але краще за все нумерувати всі аркуші.

Цифровий матеріал звіту рекомендується оформляти у вигляді таблиць. Тут у стислій і наочній формі подаються порівняльний аналіз, порівняльні характеристики, статистична інформація. Таблиця повинна мати тематичний заголовок, який розкриває її зміст, і розміщуватися в тексті відразу після згадки про неї.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) доцільно розміщувати у звіті безпосередньо після тексту, де про неї згадується вперше, або на наступній сторінці. Формули та рівняння записують після тексту, в якому про них йдеться, посередині сторінки. Пояснення

значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, наводяться безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені в формулі.

Рисунки мають доповнювати текст і нести нову інформацію. Формат їх не повинен перебільшувати формат стандартного аркуша 210x297 мм.

Усі формули мають вписуватися розбірливо та акуратно, нормальним шрифтом, символи в них рекомендується брати згідно з відповідними стандартами.

Якщо в тексті є посилання на формули, то останні нумеруються або наскрізно, або в межах розділу.

Неприпустимі дрібний шрифт (петит), близьке розташування знаків один від одного та недбалість при їх написанні.

Список літератури містить у собі всі використані джерела, у тому числі директивні документи. Вони розташовуються у порядку появи посилання на них в тексті звіту. Правила складання бібліографічного опису для списків літератури і джерел було наведено в попередніх розділах.

8.2 Складання і подання заявки на винахід

Наукове відкриття – це встановлення науково обґрунтованого факту, про який ще не знало людство.

Проте до наукового відкриття найкращі вчені можуть наблизитись усе свідоме життя. Відкриттю передуює важка розумова праця, глибокі фундаментальні дослідження, серйозна теоретична підготовка вченого в тій чи іншій галузі знань. При цьому далеко не кожна країна може дати хоч одне відкриття на рік. За глобальні відкриття з фундаментальних наук (хімія, фізика, біологія), як правило, вчених нагороджують Нобелівською премією.

Удосконалення способу чи продукту (пристрою, речовини тощо) вважається винаходом. Пріоритет відкриття або винаходу визначається за датою, коли вперше сформульо-

вано наукове положення, що заявлено як відкриття або винахід (наприклад, у звіті про науково-дослідну роботу), або за датою доведення його іншим шляхом до третіх осіб (наприклад, на науковому симпозіумі), або за датою надходження заявки в патентну установу.

Україна завжди славилася творчими людьми, які вміють мислити нестандартно та вносять свій вагомий доробок в розробку і удосконалення виробничих технологій, що сприяє зростанню економіки.

На жаль, багато українських науковців, раціоналізаторів та винахідників нині працюють за кордоном. Зокрема, винаходами вихідців з України користуються НАСА та Європейське космічне агентство.

Молодим науковцям необхідно продовжувати їх благородну справу на благо нашої Вітчизни. Адже чим більше серйозних винаходів і відкриттів, тим багатшою ставатиме наша країна і кожен її громадянин зокрема.

Оформлення і реєстрація винаходів в нашій державі здійснюється згідно з «Правилами складання і подання заявки на винахід та заявки на корисну модель» та Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».

Об'єктом винаходу може бути:

- продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослини і тварини);
- спосіб.

Об'єктом корисної моделі може бути пристрій, а також процес (спосіб).

Об'єктом винаходу не можуть бути:

- відкриття, наукові теорії та математичні моделі;
- методи організації та управління підприємством;
- плани;
- умовні позначення, розклади, правила;
- методи виконання розумових операцій, способи досліджень, системи математичних побудов і перетворень, методи розрахунків, математичне розв'язування задач тощо;

- програми для обчислювальних машин;
- результати художнього конструювання;
- топології інтегральних мікросхем;
- сорти рослин і породи тварин.

До пристроїв як об'єктів винаходів (корисних моделей) належать машини, механізми, прилади тощо.

Об'єктом корисної моделі може бути конструктивне виконання пристрою, яке повинно мати явно виражені просторові форми, тобто характеризуватись не лише наявністю елементів і зв'язків між ними, але й формою виконання цих елементів, їх певним взаємним розташуванням.

До речовин як об'єктів винаходів належать індивідуальні хімічні сполуки, до яких також умовно віднесені високомолекулярні сполуки та об'єкти генетичної інженерії; композиції (сполуки, суміші, розчини, сплави тощо); продукти ядерного перетворення.

Об'єкт винаходу «штам мікроорганізму, культури клітин рослини і тварини» це: індивідуальні штами мікроорганізмів, культивовані клітини рослин і тварин; консорціуми мікроорганізмів.

До способів як об'єктів винаходів належать процеси виконання дій над матеріальними об'єктами за допомогою матеріальних об'єктів.

Для характеристики об'єкта винаходу як «пристрою» використовують такі ознаки:

- наявність конструктивного (конструктивних) елемента (елементів);
- наявність зв'язків між елементами;
- взаємне розташування елементів;
- форма виконання елемента (елементів) або пристрою в цілому;
- форма виконання зв'язків між елементами;
- параметри та інші характеристики елемента (елементів та їх взаємозв'язок);

- матеріал, з якого виготовлено елемент (елементи), або пристрій в цілому, середовище, що виконує функцію елемента.

Для характеристики об'єкта винаходу як «речовини» для індивідуальних хімічних сполук використовують такі ознаки: якісний склад (атоми певних речовин), кількісний склад (число атомів кожного елемента), зв'язок між атомами, взаємне розташування їх у молекулі, виражене хімічною структурою формули (для низькомолекулярних сполук), чи в кристалічній решітці.

Для характеристики об'єкта винаходу як «способу» використовують такі ознаки:

- наявність дії або сукупності дій;
- порядок проведення таких дій у часі (попередньо, одночасно, в різних поєднаннях);
- умови виконання дій: режим, використання речовин (вихідної сировини, реагентів, каталізаторів тощо), пристроїв (пристосувань, інструментів, обладнання тощо), штамів мікроорганізмів, культивованих рослин чи тварин.

Спосіб як об'єкт винаходу характеризується лише діями над матеріальними об'єктами (сировиною, заготовкою тощо).

Заявку на видачу патенту на винахід (корисну модель) може надіслати до Укрпатенту (державне підприємство «Український інститут промислової власності» МОНУ, уповноважене для розгляду і проведення експертизи заявок) подати будь-яка особа, яка бажає отримати патент і має на це право.

Заявку складають українською мовою. Якщо деякі документи заявки викладено іншою мовою, то слід надіслати переклад цих документів.

Заявка (тобто сукупність документів, необхідних для видачі патенту) повинна містити:

- заяву про видачу патенту (декларційного патенту) України на винахід чи декларційного патенту України на корисну модель;

- опис винаходу (корисної моделі);
- формулу винаходу (корисної моделі);
- креслення (якщо на них є посилання в описі);
- реферат.

Опис винаходу (корисної моделі) повинен підтверджувати обсяг правової охорони, визначений формулою винаходу (корисної моделі) і настільки ясним і повним, щоб його міг зрозуміти фахівець у зазначеній галузі. Опис починається із зазначення рубрики діючої редакції міжнародного патентного класифікатора (МПК), до якої належить винахід (корисна модель), назви винаходу і містить такі розділи:

- галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель);
- рівень техніки;
- суть винаходу (корисної моделі);
- перелік фігур креслення (якщо на них є посилання в описі);
- відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу (корисної моделі).

У розділі «Рівень техніки» наводять дані про відомі заявнику аналоги винаходу (корисної моделі) з виділенням серед них аналога, найбільш близького за сукупністю ознак до винаходу (корисної моделі). Суть винаходу (корисної моделі) визначається сукупністю суттєвих ознак, достатніх для досягнення технічного результату, що його забезпечує винахід (корисна модель). Ознаки належать до суттєвих, якщо вони впливають на технічний результат, якого можна досягти, тобто перебувають у причинно-наслідковому зв'язку із зазначеним результатом. У цьому розділі детально розкривають технічну задачу, на вирішення якої направлено винахід (корисну модель), та технічний результат, якого можна досягти при здійсненні винаходу (корисної моделі). У переліку фігур креслень, крім самого переліку фігур, наводять стислі пояснення того, що зображено на кожній з них.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу (корисної моделі), розкривають можливості отримання зазначеного у розділі «Суть винаходу (корисної моделі)» технічного результату при здійсненні винаходу (корисної моделі). Можливість здійснення винаходу, суть якого характеризують з використанням ознаки, яку подано загальним поняттям, зокрема на рівні функціонального узагальнення, підтверджують або описом засобу для реалізації цієї ознаки безпосередньо в матеріалах заявки, або посиланням на те, що такий засіб існує, чи методи його отримання.

Опис винаходу (корисної моделі) підписує заявник у тому ж порядку, що й заяву на видачу патенту.

Формула винаходу (корисної моделі) – це стисла словесна характеристика технічної суті винаходу (корисної моделі), що містить сукупність його суттєвих ознак, які достатні для досягнення зазначеного заявником технічного результату. У разі визнання об'єкта винаходом лише формула набуває правового значення і є єдиним критерієм визначення обсягу винаходу (за нею встановлюється факт використання чи невикористання винаходу).

Формула винаходу (корисної моделі) повинна стисло і ясно відображати суть винаходу (корисної моделі), тобто містити сукупність його суттєвих ознак, достатню для досягнення зазначеного заявником технічного результату. За структурою формула винаходу (корисної моделі) може бути *одноланковою* чи *багатоланковою* і включати, відповідно, один чи декілька пунктів.

Одноланкову формулу винаходу (корисної моделі) застосовують для характеристики одного винаходу (корисної моделі) сукупністю суттєвих ознак, які не мають розвитку чи уточнення щодо окремих випадків його виконання або використання.

Багатоланкову формулу винаходу (корисної моделі) застосовують для характеристики одного винаходу (корисної

моделі) з розвитком і уточненням сукупності його ознак стосовно деяких випадків виконання і використання винаходу (корисної моделі) або для характеристики групи винаходів. Пункт формули винаходу (корисної моделі) складається, як правило, з обмежувальної частини, яка включає ознаки винаходу, які збігаються з ознаками найближчого аналога, у тому числі родове поняття, що характеризує призначення об'єкта, та розрізняльної (відмітної) частини, яка включає ознаки, що відрізняють винахід від найближчого аналога.

Обмежувальна та розрізняльна (відмітна) частини пункту формули відокремлюються одна від одної виразом «який (яка, яке) відрізняється тим, що...»

Без поділу на обмежувальну та відмітну частини, зокрема, складають формулу винаходу, яка характеризує:

- унікальну сполуку;
- штам мікроорганізму, культури клітин рослин і тварин;
- застосування раніше відомого продукту чи способу за новим призначенням;
- винахід, що не має аналогів.

8.3 Апробація наукових матеріалів

Кожне наукове дослідження обов'язково має завершуватися апробацією його результатів та впровадженням у практику.

Апробацією вважаються опубліковані результати наукового дослідження, а також виголошені та опубліковані за результатами науково-практичних конференцій, симпозіумів, конгресів тощо.

Для того, щоб ознайомити широку наукову громадськість і фахівців-практиків з результатами проведених науково-дослідних робіт, використовують публікації в спеціальних і науково-популярних виданнях. До таких публікацій належать монографії, брошури, статті, підручники та навчальні посібники, які містять нові наукові результати та конкретні

пропозиції щодо їх використання (з огляду на їх важливе теоретичне та практичне значення).

ДСТУ 3017–95 «Видання. Основні види. Терміни та визначення» визначає: *видання – документ, який пройшов редакційно-видавниче опрацювання, виготовлений друкуванням, тисненням або іншим способом, містить інформацію, призначену для поширення, і відповідає вимогам державних стандартів, інших нормативних документів щодо видавничого оформлення і поліграфічного виконання.*

Публікація як форма оприлюднення та певної апробації наукових результатів має на меті:

- оприлюднити результати науково-дослідної роботи;
- встановити пріоритет автора (дата підписання публікації до друку – це дата пріоритету науковця);
- засвідчити особистий внесок дослідника в розробку наукової проблеми (це досягається завдяки посиланням на власні публікації та включення їх до списку використаних джерел);
- підтвердити достовірність основних результатів і одержаних висновків;
- підтвердити факт апробації результатів наукового дослідження;
- зафіксувати завершення певного етапу наукового дослідження чи науково-дослідної роботи у цілому;
- забезпечити первинною науковою інформацією суспільство, сповістити наукове товариство про появу нового наукового знання;
- зробити їх об'єктом вивчення та оцінки широкого кола наукової громадськості.

Для того, щоб підготувати матеріал до друку, спочатку складають план-проспект і систематизують результати дослідження (другорядні та вже надруковані раніше відомості не повинні розміщуватися в підготовлюваних виданнях). Далі згідно з вимогами видання компонується необхідний

матеріал, викладений лаконічною науковою мовою, з використанням строго наукової термінології, завдяки якій вдається давати чіткі означення та характеристики наукових фактів, понять, процесів і явищ.

Науковим вважається видання результатів теоретичних і (або) експериментальних досліджень. Воно призначене для фахівців і для наукової роботи.

До науково-дослідних видань належать:

- *монографія* (науково-книжкове видання повного дослідження однієї проблеми або теми, що належить одному чи кільком авторам);
- *автореферат дисертації* (наукове видання у вигляді брошури авторського реферату проведеного дослідження, яке подається на здобуття наукового ступеня);
- *препринт* (наукове видання з матеріалами попереднього характеру, які публікуються до виходу у світ видання, в якому вони мають бути вміщені);
- *тези доповідей*, а також *матеріали наукової конференції* (неперіодичний збірник підсумків конференції, доповідей, рекомендацій та рішень);
- *збірник наукових праць* (збірник матеріалів досліджень, виконаних у наукових установах і навчальних закладах).

За обсягом розрізняють два види наукових неперіодичних видань:

- *книга* (книжкове видання обсягом понад 48 сторінок);
- *брошура* (книжкове видання обсягом від 4 до 48 сторінок).

Статус наукового видання потребує суворого дотримання видавничого оформлення видання. Зупинимось на основних.

Вихідні відомості – сукупність даних, які характеризують видання і призначені для його оформлення, бібліографічної обробки, статистичного обліку та інформування читача.

Елементами вихідних відомостей є: відомості про авторів або інших осіб, які брали участь у створенні видання; заголовки (назва) видання; надзаголовні дані; підзаголовні дані; нумерація; вихідні дані; шифр зберігання видання; індекс УДК; індекс ББК; авторський знак, макет анотованої каталожної картки; знак охорони авторського права; міжнародний стандартний номер ISBN; випускні дані.

Вихідні дані включають: місце випуску видання, назва видавництва або організації, що володіє правом видання, і рік випуску (як правило, наводять у нижній частині титульного аркуша).

У *випускних даних* зазначають дату подання оригіналу на складання; дату підписання видання до друку; формат паперу і частку аркуша; вид і номер паперу; гарнітуру шрифту основного тексту; спосіб друку; обсяг видання в умовних друкованих аркушах, що приведені до формату паперового аркуша 60x90 см; обсяг видання в обліково-видавничих аркушах; номер замовлення поліграфічного підприємства; назву і повну поштову адресу видавництва і поліграфічного підприємства. Випускні дані розміщують на останній сторінці видання або звороті титульного аркуша.

Особливу складність викликає визначення наукового статусу статей. Слід враховувати, що *газетні статті не кваліфікують як наукові*. Крім того, проблематичним є віднесення до розряду наукових статей, опублікованих в громадсько-політичних і науково-популярних журналах.

Наукова стаття

Наукова стаття – наукова робота, в якій викладено проміжні або кінцеві результати наукового дослідження, висвітлено окреме питання за обраною темою, сфокусовано науковий пріоритет автора, що робить результати дослідження надбанням фахівців.

Архітектоніка наукової статті ґрунтується на дослідженні наукової проблеми, комплексному розкритті фактів, об'єднанні їх у певну систему.

Стаття – найбільш поширена і обов'язкова форма опублікування наукових результатів дослідження. Її можна розглядати як найпростішу форму впровадження в практику наукових узагальнень.

Наукова стаття як форма апробації наукових результатів повинна складатися з таких структурних елементів, як:

- *назва статті*, яка стисло відображає головну ідею наукового дослідження (*наприклад*, «Шляхи удосконалення конструкцій шестеренних прес-грануляторів»);

- *прізвище та ініціали автора*;

- *анотація* (українською, російською, англійською мовами) – коротка характеристика змісту статті (*наприклад*, у статті проаналізовано основні праці науковців, присвячені дослідженням роботи шестеренних прес-грануляторів, визначено шляхи підвищення продуктивності та надійності прес-грануляторів із кільцевою матрицею, зниження енергоємності процесу гранулювання і трудомісткості обслуговування робочих органів, забезпечення можливості регулювання якості одержуваних гранул, виявлено комплекс конструктивних і технологічних недоліків та вирішено окремі завдання структурного синтезу з удосконалення конструкцій прес-грануляторів.);

- *вступ*, в якому має бути наведена постановка наукової проблеми, її актуальність, зв'язок з найважливішими завданнями, що постають перед Україною, значення для розвитку певної галузі науки або практичної діяльності. Метою вступу є доведення до читача основних завдань, які ставив перед собою автор статті. Як правило, вступ має включати у себе:

- визначення наукової гіпотези;

- докладно пояснювати причини, за якими було почато дослідження;

- розкривати рівень актуальності даної теми.

- *аналіз проблеми та огляд публікацій за темою*, в яких започатковано розв'язання даної проблеми та на яке спирається автор; існуючі погляди на проблему; труднощі при розробці даного питання, виділення невирішених питань у межах загальної проблеми, котрим присвячена стаття (0,5–2 сторінки друкованого тексту через півтора інтервали);

- *постановка задачі* передбачає виголошення головної ідеї даної публікації, яка суттєво відрізняється від існуючих, доповнює або поглиблює вже відомі підходи; уведення до наукового обігу нових фактів, висновків, рекомендацій, закономірностей або уточнення відомих раніше, але недостатньо вивчених;

- *результати дослідження* – основна частина статті. У ній висвітлюються основні положення й результати наукового дослідження, особисті ідеї, думки, отримані наукові факти, виявлені закономірності, зв'язки, тенденції, програма експерименту, методика отримання та аналіз фактичного матеріалу, особистий внесок автора в досягнення та реалізацію основних висновків тощо (п'ять-вісім сторінок);

- *висновок*, в якому формулюється основний умовивід автора, зміст висновків і рекомендацій, їхнє значення для теорії та практики, суспільна значущість, коротко накреслюються перспективи подальших досліджень з теми (третина сторінки). Тут необхідно зробити короткий висновок чи підтвердилась гіпотеза, що була висловлена у передмові, чи ні. У цьому ж розділі робляться альтернативні висновки, у випадку, коли результати дослідження дозволяють розуміти його подвійно;

- *список використаних джерел* в якому вміщені бібліографічні описи тих джерел і літератури, на які є посилання у тексті статті.

Виданням, що публікує наукову статтю визначаються вимоги до технічного оформлення статті.

Статті наукового характеру друкуються переважно в наукових збірках або журналах.

Науковий журнал – журнал, що містить статті та матеріали досліджень теоретичного або прикладного характеру, призначений переважно фахівцям певної галузі науки.

За цільовим призначенням наукові журнали поділяють на: *науково-теоретичні, науково-практичні та науково-методичні.*

Особливе значення наукові статті мають для здобувача наукового ступеня доктора чи доктора філософії (кандидата наук). Крім зазначених, вони мають відповідати ще й таким вимогам.

1) Статті мають публікуватись у *провідних наукових фахових журналах та інших періодичних наукових фахових виданнях, їх перелік затверджує ДАК України при дотриманні таких вимог:*

– наявність у складі редакційної колегії не менше *п'яти* докторів наук з відповідної галузі науки, серед яких обов'язково мають бути штатні працівники наукової установи, організації чи закладу вищої освіти, що видає журнал (періодичні видання);

– журнали підписуються до друку виключно за рекомендацією вченої ради наукової установи (організації чи закладу вищої освіти), яка його видає, про що зазначається у вихідних даних;

– тираж не менше ніж 100 примірників;

– повне дотримання вимог до редакційного оформлення періодичного видання згідно з державними стандартами України;

– наявність журналу (періодичного видання) у фондах бібліотек України, перелік яких затверджено ДАК України.

2) Публікація не більше однієї статті здобувача за темою дисертації в одному випуску (номері) журналу (або іншого друкованого видання).

3) Не зараховуються праці, в яких немає повного опису наукових результатів, що засвідчує їх достовірність,

або в яких повторюються результати, опубліковані раніше в інших наукових працях, які входять до списку основних.

Повне опублікування основних наукових результатів дисертаційних робіт, які подаються на здобуття наукових ступенів доктора та кандидата наук, є однією з вирішальних передумов атестації наукових кадрів. Тому особливе значення публікації мають для здобувачів наукового ступеня.

Кількість та якість публікацій з теми дослідження є критерієм оцінки цінності роботи.

Вважається, що дисертація виконана на належному рівні, якщо з кожного її розділу і підрозділу можна підготувати статтю, а за її загальними результатами – монографію.

Дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії (кандидата наук) приймаються до захисту спеціалізованими вченими радами лише за умови *повноти* та *якості* опублікування *основних* наукових результатів і висновків дисертації. До основних результатів кожної дисертації, як правило, відносять ті з них, які згадані у розділах «Наукова новизна» та «Висновки» автореферату.

У п. 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань» зазначено, що основні наукові результати дисертації відображають *особистий внесок автора* в їх досягнення і обов'язково мають бути опубліковані автором у формі надрукованих монографій, підручників, посібників (для дисертацій з педагогічних наук), брошур чи статей у наукових фахових виданнях України або інших країн, перелік яких затверджує (ДАК). Виконання цієї вимоги перевіряється спецрадою, опонентами, експертами ДАК на різних стадіях атестації. Зокрема, офіційний опонент на основі вивчення дисертації та праць здобувача, опублікованих за темою дисертації, у відгуку висвітлює такі обов'язкові питання, як *актуальність* обраної теми, ступінь *обґрунтовано-*

сті наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизну, повноту їх викладу в опублікованих працях.

Основний зміст дисертації може висвітлюватись як у фахових виданнях, які вважаються основними при захисті дисертації, так і в будь-яких наукових друкованих виданнях, які розглядаються як додаткові.

З метою підвищення рівня наукових досліджень, висвітлення результатів і положень дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії (кандидата наук), забезпечення єдності вимог МОН України затверджено ряд вимог до публікацій, яких слід чітко дотримуватись.

ДАК України визначено таку мінімальну кількість та обсяг публікацій *основного* змісту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук.

- За темою дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії (кандидата наук) необхідна наявність не менше п'яти публікацій у наукових (зокрема електронних) фахових виданнях України або інших країн з яких:

- не менше однієї статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз;

- одна із статей може бути опублікована в електронному науковому фаховому виданні;

- у галузях природничих і технічних наук замість однієї статті може бути один патент на винахід (авторське свідоцтво про винахід), який пройшов кваліфікаційну експертизу і безпосередньо стосується наукових результатів дисертації (за наявності);

- Як публікації зараховуються статті у фахових наукових виданнях і журналах, що входили до відповідних переліків ВАК СРСР та ВАК Російської Федерації. Враховуються також закордонні видання за переліком МОН України.

- Як публікації зараховуються лише ті статті в наукових фахових виданнях, які на момент прийняття дисертації до захисту вийшли з друку.

- До опублікованих праць, які *додатково* відображають наукові результати дисертації, належать також дипломи на відкриття, патенти і авторські свідоцтва на винаходи, державні стандарти, промислові зразки, алгоритми та програми, що пройшли експертизу на новизну, статті в друкованих засобах масової інформації загальнодержавної сфери розповсюдження (із суспільних і гуманітарних наук), рукописи праць, депоновані в установах державної системи науково-технічної інформації та анотовані в наукових журналах, брошури, препринти, технологічні частини проєктів на будівництво, розширення, реконструкцію та технічне переозброєння підприємства, інформаційні карти на нові матеріали, що внесені до державного банку даних, тези доповідей, матеріали, виголошені на наукових конференціях, конгресах, симпозіумах, семінарах, у школах тощо. Тези доповідей включають до списку опублікованих праць за умови, що вони слугують встановленню пріоритету або коли їх зміст не викладений в інших публікаціях.

- *Певна кількість публікацій здобувача має бути без співавторів.* До статей без співавторів прирівнюються розділи монографій, підручників, навчальних посібників, написані здобувачем особисто.

Факт публікації у співавторстві зазначається у дисертації та в авторефераті з обов'язковим зазначенням конкретного особистого внеску здобувача в усі праці або розробки.

Для визначення особистого внеску здобувача до праць, які надруковані у співавторстві, необхідно вказати, які саме конкретні результати, наведені в кожній публікації, належать здобувачеві (теорема, висновки, результат дослідження чи експерименту, математична модель, методика тощо). Не дозволяється вказувати тільки процентне співвідношення участі

співавторів у написанні певної праці. У списку опублікованих праць здобувача до автореферату обов'язково наводяться назва праці і прізвища усіх співавторів за такою формою: *(у співавторстві з М.С. Заховайло)*.

Праці здобувача наводять у «Списку використаних джерел» до дисертації, в переліку основних публікацій автора до автореферату, в тексті дисертації. Обов'язковими є посилення на власні друковані праці здобувача в тексті дисертації, наведені в авторефераті дисертації. По-перше, це викликано етимологією слова «автореферат», що означає короткий виклад автором змісту дисертації. *В авторефераті не повинно бути відомостей, не викладених у тексті дисертації.* По-друге, посилення на власні праці автора дасть змогу легко пересвідчитися у виконанні вимоги щодо обов'язкової публікації основних результатів дисертації. Такі посилення зручно робити у коротких висновках до розділів дисертації, приблизно в такій формі: «Основні результати розділу опубліковані у працях [...]».

Наукові видання (зокрема наукові монографії, журнали чи збірники), в яких опубліковані основні результати дисертаційних робіт, мають бути доступними читачеві, знаходитися у фондах провідних вітчизняних бібліотек, обов'язково надсилатися в установи, перелік яких затверджений (ДАК) України:

- Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського (03039, Київ, проспект Голосіївський, 3).
- Національна парламентська бібліотека України (01601, Київ, вул. Грушевського, 1).
- Державна науково-технічна бібліотека України (01171, Київ-171, вул. Велика Васильківська, 180).
- Львівська державна наукова бібліотека ім. В.С. Стефаника (79001, Львів, вул. Стефаника, 2).
- Одеська державна наукова бібліотека ім. М. Горького (65020, Одеса, вул. Пастера, 13).

- Харківська державна наукова бібліотека ім. В.Г. Короленка (61003, Харків, прав. Короленка, 18).
- Книжкова палата України (02094, Київ, проспект Гагаріна, 27).

Отже, науковими виданнями (в тому числі і науковими монографіями), в яких можуть бути вміщені публікації за основним змістом дисертацій, вважаються лише ті видання, які надійшли до перелічених установ.

Ніяких директивних «термінів чинності» публікацій здобувачів немає, не регламентовані також і вимоги щодо наявності публікацій протягом останніх років. Однак виконання вимог (ДАК) щодо наявності в дисертації *нових* науково обґрунтованих результатів ставиться під сумнів, коли основні наукові результати здобувача опубліковані (отже і отримані) 15–20 років тому.

Включення до переліку праць, які підготовлені до друку, але ще не вийшли, є порушенням вимог ДАК України, що може ускладнити процес атестації.

Виступ, доповідь, інформаційне повідомлення на семінарах, науково-практичних конференціях, симпозіумах

Окрім публікації результатів наукового дослідження формою апробації є участь студента, дослідника у формі виступу (доповіді, інформаційному повідомленні) на наукових, науково-практичних конференціях, симпозіумах, круглих столах, конгресах, засіданнях наукових гуртків, наукових шкіл тощо.

Розрізняють такі види доповідей:

- *звітні* (узагальнення стану справ, ходу роботи за певний час);
- *поточні* (інформація про хід роботи);
- *на наукові теми.*

Наукова доповідь – це публічно виголошене повідомлення, розгорнутий виклад певної наукової проблеми (теми,

питання). Структура тексту доповіді практично аналогічна плану наукової статті.

Є два методи написання доповіді. Перший полягає в тому, що дослідник спочатку готує тези свого виступу, на основі тез пише доповідь на семінар або конференцію, редагує її і готує до опублікування в науковому збірнику у вигляді доповіді чи статті. Другий, навпаки, пов'язаний з повним написанням доповіді, а потім у скороченому вигляді ознайомленням з нею аудиторії. Вибір способу підготовки доповіді залежить від змісту матеріалу та індивідуальних особливостей науковця.

Специфіка усного виступу має суттєві відмінності від друкованого змісту і форми. При написанні доповіді слід зважати на те, що суттєва частина матеріалу опублікована в тезах доповіді. Крім того, частина матеріалу подається на плакатах (слайдах, моніторі комп'ютера, схемах, діаграмах, таблицях тощо). Тому доповідь повинна містити коментарі, а не повторення ілюстративного матеріалу. Можна зупинитися лише на одній (найсуттєвішій, дискусійній) тезі доповіді, зробивши посилання на опубліковані тези. Це дозволить на 20–40 % скоротити доповідь. Добре коли доповідач реагує на попередні виступи науковців з теми своєї доповіді. Доцільним є полемічний характер доповіді: це викликає інтерес слухачів.

При написанні доповіді слід зважати на те, що за 10 хвилин людина може прочитати матеріал, що надруковано на чотирьох сторінках машинописного тексту (через два інтервали). Обсяг доповіді становить 8–12 сторінок (до 30 хвилин). Якщо доповідь складається з 4–6 сторінок, вона називається **повідомленням**.

Доповідь або повідомлення про проведену наукову роботу містить стисле викладення основних наукових положень автора, їх практичне значення, висновки та пропозиції.

Наукова доповідь здійснюється в усній формі в наступній послідовності: коротка оглядова частина та визначення

мети дослідження; метод вирішення або нове положення, яке пропонує доповідач, основні результати, їх пояснення та висновки.

Час доповіді визначається регламентом семінару, наукової конференції, представлення основних результатів дипломної роботи на засіданні ДЕК (від 7 до 20 хвилин), разом з тим аргументація повинна бути короткою та чіткою. Слід уникати складних речень. Також слід виділити основну ідею доповіді, не слід деталізувати окремі положення.

Тезами (грец. *thesis* – положення, твердження) називають послідовно сформульовані основні ідеї, думки та положення наукової доповіді, повідомлення, статті або іншої наукової праці.

Рекомендований обсяг тез наукової доповіді – 2–3 сторінки машинописного тексту через 1,5–2 інтервали. Схематично структура тез наукової доповіді має такий вигляд (рис. 8.1):

Можливий виклад однієї тези

При підготовці тез наукової доповіді слід дотримуватися таких правил:

- у правому верхньому куті розміщують прізвище автора та його ініціали; при необхідності вказують інші дані, які доповнюють відомості про автора (магістр, аспірант, викладач, місце роботи тощо);
- назва тез доповіді коротко відображає головну ідею, положення (2–5 слів);
- виклад суті доповіді здійснюється за такою послідовністю тез: актуальність проблеми; стан розробки проблеми (перелічуються вчені, які зверталися до розробки цієї проблеми); наявність проблемної ситуації; необхідність у її вивченні, удосконаленні з огляду на сучасний стан її розробки, втілення; основна ідея, положення, висновки дослідження, якими методами це досягається; основні результати дослідження, їх значення для розвитку теорії та (або) практики.

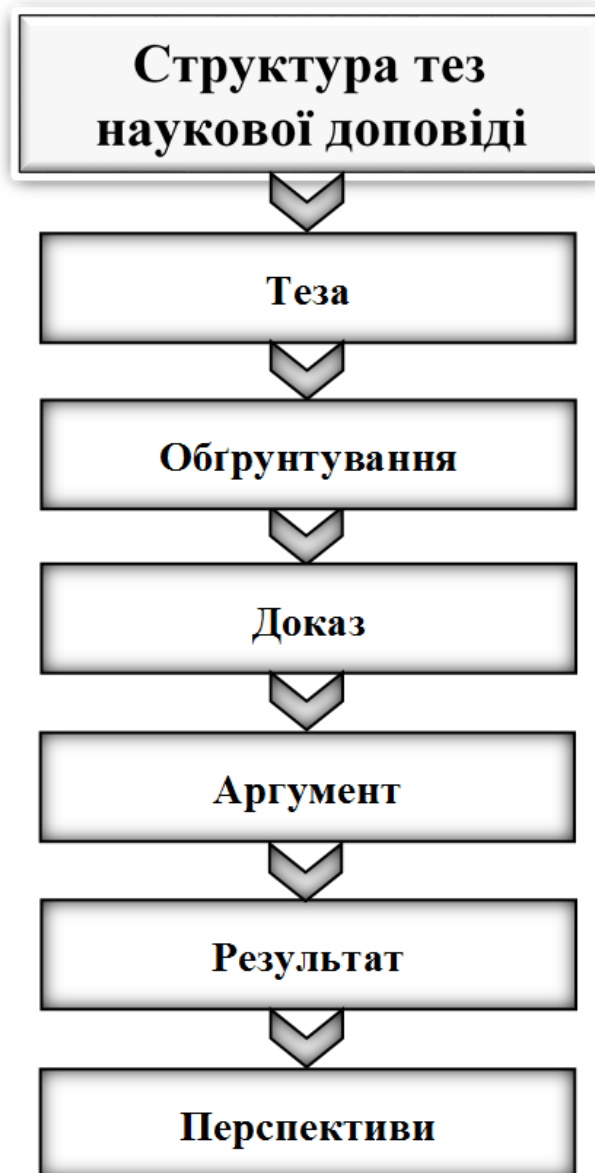


Рис. 8.1. Структура тез наукової доповіді

Посилання на джерела, цитати в тезах доповіді використовуються рідко. Допускається опускати цифровий, фактичний матеріал.

Формулювання кожної тези починається з нового рядка. Кожна теза містить самостійну думку, що висловлюється в одному або кількох реченнях. Виклад суті ідеї чи положення здійснюється без наведення конкретних прикладів.

Виступаючи на науковій конференції (з'їзді, симпозіумі), можна посилатися на опубліковані тези доповіді і спиратися на одній із основних (дискусійних) тез.

Тези відрізняється від повного тексту оригіналу тим, що в ній відсутні деталі, пояснення, ілюстрації.

Якщо доповідь була виголошена проте з певних об'єктивних причин не опублікована, доповідачу має бути надано свідоцтво, акт, сертифікат про участь та публічне оприлюднення окремих наукових результатів проведеного дослідження (НДР),

Треба відзначити, що курсіві та магістерські роботи не розглядаються як форми апробації наукових результатів. Однак, результати викладені у них, можуть мати апробацію у формі опублікованих наукових статей, тез доповідей, та безпосередніх доповідей на масових наукових заходах.

В окремих випадках дослідник доповідає про результати своєї роботи на наукових конференціях, симпозіумах чи наукових семінарах, в колі провідних вчених і спеціалістів. Таким доповідям, як правило, передує публікація відповідних тез (стислий виклад суті майбутнього повідомлення).

Це дає змогу фахівцям підготуватися до обговорення наукового повідомлення.

Підготовка реферату

Реферат (лат. *referre* – доповідати, повідомляти) – короткий виклад змісту одного або декількох документів з певної теми.

Обсяг реферату визначається специфікою теми і змістом документів, кількістю відомостей, їх науковою цінністю або практичним значенням. Його обсяг коливається від 500–2500 знаків до 20–24 сторінок.

Є багато видів рефератів. Науковці найчастіше мають справу з інформативними і розширеними, або зведеними рефератами.

Інформативний реферат найповніше розкриває зміст документа, містить основні фактичні та теоретичні відомості. В такому рефераті мають бути зазначені: предмет дослі-

дження і мета роботи; наведені основні результати; викладені дані про метод і умови дослідження; відбиті пропозиції автора щодо застосування результатів; наведені основні характеристики нових технологічних процесів, технічних виробів, нова інформація про відомі явища, предмети тощо. Інформаційний реферат розміщують у первинних документах (книги, журнали, збірники наукових праць, звіти про науково-дослідну роботу тощо) і у вторинних документах (реферативні журнали і збірники, інформаційні карти та ін.).

Розширений, або зведений (багатоджерельний, оглядовий), реферат містить відомості про певну кількість опублікованих і неопублікованих документів з однієї теми, викладені у вигляді зв'язного тексту.

Зразок структури реферату

ВСТУП

РОЗДІЛ I Аналіз стану проблеми.

РОЗДІЛ II Перспективи розв'язку проблеми в сучасних умовах.

ВИСНОВКИ

ЛІТЕРАТУРА ДОДАТКИ

У вступі обґрунтовуються актуальність теми, її особливості, значущість з огляду на соціальні потреби суспільства та розвиток конкретної галузі науки або практичної діяльності.

У розділі I наводяться основні теоретичні і експериментальні дослідження з теми, зазначається, хто з вчених минулого вивчав дану проблему, які ідеї висловлював. Визначаються сутність (основний зміст) проблеми, основні чинники (фактори, обставини), що зумовлюють розвиток явища або процесу, який вивчається. Наводиться перелік основних змістових аспектів проблеми, які розглядалися вченими. Визначаються недостатньо досліджені питання, з'ясовуються причини їх слабкої розробленості.

У розділі II дається поглиблений аналіз сучасного стану процесу або явища, тлумачення основних поглядів і позицій

щодо проблеми. Особлива увага приділяється виявленню нових ідей та гіпотез, експериментальним даним, новим методикам, оригінальним підходам до вивчення проблеми. У цьому розділі подається аналіз практики. Висловлюються власні думки щодо перспектив розвитку проблеми.

У висновках подаються узагальнені умовиводи, ідеї, думки, оцінки, пропозиції науковця.

До списку використаних джерел включають публікації переважно останніх 5–10 років. Особливу цінність мають роботи останнього року.

У додатках наводяться формули, таблиці, схеми, якщо вони суттєво полегшують розуміння роботи.

Вибір теми реферату слід узгоджувати з кафедрою і науковим керівником. Тема має допомогти дипломнику та аспіранту у визначенні методології свого дослідження.

Обсяг розширеного реферату – 20–24 сторінки.

Виклад матеріалу в рефераті має бути коротким і стислим. Слід використовувати синтаксичні конструкції, властиві мові наукових і технічних документів, уникати складних граматичних зворотів.

Рецензія (відгук) на реферат має об'єктивно оцінювати позитивні і негативні його сторони. В рецензії тією чи іншою мірою слід оцінити вміння поставити проблему, обґрунтувати її соціальне значення; розуміння автором співвідношення між реальною проблемою і рівнем її концептуальності; повноту висвітлення літературних джерел, глибину їх аналізу, володіння методами збору, аналізу та інтерпретації емпіричної інформації; самостійність роботи, оригінальність в осмисленні матеріалу; обґрунтування висновків і рекомендацій.

Стиль рецензії має відповідати нормам, прийнятим для наукових відгуків, тобто бути доброзичливим, але принциповим. Відносно до автора роботи речення слід будувати в третій особі минулого часу («дослідник поставив..., розкрив..., довів...»); до самої роботи – в теперішньому часі («реферат

містить..., розкриває...» тощо). Рецензію не слід завершувати оцінкою, вона має впливати зі змісту документа.

Визначення обсягу наукових праць

Певні труднощі у авторів виникають при визначенні обсягу праць, що зумовлено недостатнім знанням основних одиниць обчислення наукової інформації, поширюваних засобами друку. До основних з них належать: авторський аркуш, друкований аркуш, обліково-видавничий аркуш.

Авторський аркуш – одиниця обліку друкованого твору, що береться для обрахунку праці авторів, перекладачів, редакторів тощо. Дорівнює він 40000 друкованих знаків прозового тексту (букв, цифр, розділових знаків тощо), 22–24 сторінкам машинописного українського тексту або 3000 см² ілюстрованого чи рекламного матеріалу. В авторських аркушах визначається обсяг рукопису у видавничому договорі.

Обсяг оригіналу в авторських аркушах можна приблизно визначити, розділивши загальну кількість сторінок прозового тексту на 23 (середнє число стандартних машинописних сторінок). Якщо оригінал підготовлений не на звичайній друкарській машинці і рядок вміщує більше число знаків, підраховують середню кількість рядків на сторінці (при коливаннях у кількості рядків вибирають 10 сторінок з різних місць оригіналу і загальне число рядків у них ділять на 10), потім середню кількість знаків у рядку (для цього суму знаків у 10 рядках ділять на 10) і, перемноживши отримані числа, визначають число знаків на сторінці. Потім загальну кількість сторінок помножують на число знаків на сторінці і результат ділять на 40000. При наборі на комп'ютері підрахунок числа знаків здійснюється автоматично.

Обліково-видавничий аркуш – це одиниця обліку друкованого твору, що дорівнює, як і авторський аркуш, 40 000 друкованих знаків прозового або 3000 см² ілюстрованого чи рекламного тексту.

Обсяг видання в обліково-видавничих аркушах відрізняється від обсягу видання в авторських аркушах тим, що в розрахунок входять ті частини видання, які не є результатом авторської праці (колонцифри, зміст, що повністю повторюють заголовки всередині видання, видавничі анотації, вихідні відомості на обкладинці, оправі, суперобкладинці, корінці, титульному аркуші, випускні дані, порядкові номери сторінок, редакційна передмова, повторювані заголовки таблиць, рисунків тощо). В одному й тому ж друкованому аркуші може вміститися матеріал більшого чи меншого обсягу залежно від місткості шпальти набору.

Кожному науковцеві слід систематично вести облік власних публікацій у картотеці, списку або комп'ютерному банку даних за особливими правилами бібліографічного списку або за схемою: назва праці; характер роботи; вихідні дані; обсяг в обліково-видавничих аркушах; співавтори. Слід також мати оригінали або копії власних публікацій. Про це слід завчасно подбати особливо здобувачам наукового ступеня, оскільки оригінали, відбитки або копії усіх перелічених в авторефераті праць мають бути подані до спецради.

Впровадження завершених науково-дослідних робіт

Впровадження результатів закінчених НДР у практику виробництва або освітній процес є важливим етапом, який завершує дослідження та визначає його ефективність. Фахівцям виробництва або освіти передається наукова продукція у вигляді звітів, інструкцій, технічних умов чи проєктів, завдяки чому практично реалізуються результати НДР.

Процес впровадження НДР у виробництво складається з двох етапів: дослідно-виробничого та серійного.

На першому етапі у виробничих умовах перевіряється робота дослідних зразків, виробів або установок, технологічних процесів, конструкцій, матеріалів і приладів, їх стійкість щодо дії реальних величин вібрації, поштовхів, пилу та інших виробничих факторів. Усе це дуже важко передбачити або відтворити в лабораторних умовах.

За результатами дослідно-виробничої експлуатації роблять остаточні висновки про правильність розрахунків і конструкторських розробок, оцінюють техніко-економічну ефективність прийнятих рішень, експлуатаційні показники, надійність, довговічність тощо. У разі потреби в дослідний зразок вносяться зміни та доробки.

Коли етап закінчено, доопрацьовується необхідна технічна документація, яка передається підприємству для організації серійного виробництва (якщо йдеться про нові прилади, установки і зразки) або впровадження (якщо йдеться про нові технології). На етапі серійного впровадження дослідник вже не бере безпосередньої участі в ньому, але, на прохання впроваджувальної установи, може бути консультантом. Як правило, впровадження закінчених НДР у виробництво триває від 1 до 5 років. Скорочення цього терміну є найважливішою вимогою сьогодення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко М. І. Основи наукових досліджень / М. І. Адаменко, М. В. Бейлін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 188 с.
2. Актуальні питання методології та практики науково-технічної політики / за ред. Б. А. Малицького. – К. : УкрІНТЕІ, 2001. – 201 с.
3. Артемчук Г. І., Курило В. М., Кочерган М. П. Методика організації науково-дослідної роботи: навч. посіб. для студ. та викл. ВНЗ / Київ. держ. лінгв. ун-т. – К. : Форум, 2000. – 270 с.
4. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень: підруч. Для бакалаврів, магістрів і аспірантів екон. спец. ВНЗ – К. : АБУ, 2002. – 480 с.
5. Бобилев В. П., Іванов І. І., Пройдак Ю. С. Методологія та організація наукових досліджень: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ : Системні технології, 2008. – 264 с.
6. Богдан С. К. Науковий текст і його назва. – Луцьк, 1997. – 15 с.
7. Болтянська Н. І. Технології наукових досліджень в технічному сервісі: Посібник-практикум / Н.І. Болтянська, І.Ю. Маніта. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. – 136 с.
8. Болтянська Н. І. Технології наукових досліджень в технічному сервісі: Навчально-методичний посібник для самостійної роботи / Н.І. Болтянська, І.Ю. Маніта. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. – 196 с.
9. Болтянська Н. І. Технології наукових досліджень в технічному сервісі: Навчально-методичний посібник для виконання лабораторних робіт / Н.І. Болтянська, І.Ю. Маніта. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. – 364 с.
10. Бондарчук О. І. Експериментальна психологія. Курс лекцій – К.: МАУП, 2003. – 120 с.

11. Волков Ю. Г. Диссертация: подготовка, защита, оформление: практ. Пособие / под ред. Н. И. Загузова. – М. : Гардарики, 2002. – 157 с.
12. Гнізділова О. Ідентифікація феномену «Науково-педагогічна школа» [Текст] / О. Гнізділова // Педагогічні науки : зб. наук. пр. / Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка. – Полтава : ПНПУ ім. В. Г. Короленка, 2014. – Вип. 60. – С. 76–84.
13. Гоберман В. А., Гоберман Л. А. Технология научных исследований – методы, модели, оценки: учеб. пос. – М.: Моск. гос. ун-т леса, 2001. – 390 с.
14. Горбунова В. В. Експериментальна психологія в схемах і таблицях: Навчальний посібник. – К. : «ВД «Професіонал», 2007. – 208 с.
15. Горбунова В. В. Етичні та правові аспекти психологічних досліджень / В. В. Горбунова // Практична психологія соціальна робота. – № 3. – 2005.– С. 18–23.
16. Грабченко А.І., Федорович В.О., Гаращенко Я.М. Методи наукових досліджень: Навч. посібник. – Х.: НТУ «ХП», 2009. – 142 с.
17. Грищенко У. М., Грищенко О. А., Борисенко В. А. Основи наукових досліджень: Навч. пос. – К., 2001. – 346 с.
18. Гуменна О. А. Основи наукових досліджень. – Суми: СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2007. – 99 с.
19. Гуменюк І. Л. Алгоритм наукового дослідження / І. Л. Гуменюк, С. М. Коваленко. – Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2008. – 46 с.
20. Дружинин В. Н. Экспериментальная психология. – СПб. : Питер, 2000.– 320 с.
21. Жюль К. К. Методы научного познания и логика . – К., 2001. – 159 с.
22. Киричук О. Основи психології. – К. : Либідь, 2006.– 632 с.

23. Кислий В. М. Організація наукових досліджень: навчальний посібник / В. М. Кислий. – Суми : Університетська книга, 2011. – 224 с.
24. Клименюк О. В. Методологія та методи наукового дослідження: Навчальний посібник. – К. : Міленіум, 2005. – 186 с.
25. Клименюк О. В. Технологія наукового дослідження: Авторський підручник. – К. – Ніжин : ТОВ Видавництво «Аспект-Поліграф», 2006. – 308с.
26. Колесников О. В. Основи наукових досліджень. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 141 с.
27. Корбутяк В. І. Методологія системного підходу та наукових досліджень: Навчальний посібник. – Рівне : НУВГП, 2010. – 176 с.
28. Краевский В. В. Методология научного исследования. – СПб. :СПбГУП, 2001. – 148 с.
29. Кругляк М. Проблема ціннісної навантаженості наукового знання і об'єктивності вченого / Мирослава Кругляк // Університетська кафедра. – 2012. – № 1. – С. 50–57.
30. Крушельницька В. О. Методологія та організація наукових досліджень: Навч. посіб. – К.: Кондор, 2003.– 192с.
31. Кустовська О. В. Методологія системного підходу та наукових досліджень: Курс лекцій. – Тернопіль : Економічна думка, 2005. – 124 с.
32. Ланде Д. В. Основи інформаційного та соціально-правового моделювання: навч. посіб. / Д. В. Ланде, В.М. Фурашев, К.В. Юдкова.– К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 220с.
33. Лобас В. Деякі аспекти психології науково-технічної творчості /В. Лобас // Вісник ТДТУ. – 1996. – № 1. – С. 125–131.
34. Лудченко А. А., Лудченко Я. А., Прима Т. А. Основы научных исследований: Учеб. Пособие / Под ред. А. А. Лудченко. – К. : Из-во «Знания», КОО, 2000. – 114 с.
35. Лук'янченкова В. Є. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія наукових досліджень» / В. Є. Лук'янченкова;

Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 68 с.

36. Максименко С. Д., Носенко Е. Л. Експериментальна психологія. Підручник. – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 360 с.

37. Марцин В. С., Міценко Н. Г., Даниленко О. А. та ін. Основи наукових досліджень: Навчальний посібник/ Л. : Ромус-Поліграф, 2002. – 128 с.

38. Методика та організація наукових досліджень: Навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. – Суми: СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2016. – 260 с.

39. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, В. К. Демидов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 236 с.

40. Методологические вопросы науковедения / В. И. Оноприенко, Б. А. Малицкий, В. П. Соловьев. – К. : УкраинТЭИ, 2001. – 332 с.

41. Метулинська Н. Професійний етос науковця в сучасній Україні/ Н. Метулинська // Український інформаційний простір : Науковий журнал / Київський нац. ун-т культури і мистецтв, Ін-т журналістики і міжнародних відносин. – К., 2013. – № 1. – Ч. 2. – С. 146–150.

42. Наринян А. Р., Поздеев В. А. Основы научных исследований: учеб. пос. / Европейский ун-т. – К. : Изд-во Европейского ун-та, 2002. – 109 с.

43. Наукова та інноваційна діяльність в Україні: стат. Зб. / Відп. За випуск Л. Г. Луценко / Держкомстат. – К., 2002. – 316 с.

44. Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология научного исследования. – М. : Либроком. – 280 с.

45. Нормативно-правові акти про наукову та науково-технічну діяльність у вищих навчальних закладах України: у 2 кн. / за ред. Ю. І. Горобця, М. І. Панова. – Х. : Право, 2001. – Кн. 1. – 784 с.

46. Онуфрієнко Г. С. Науковий стиль української мови: Навч. пос. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 312 с.
47. Основи методології та організації наукових досліджень: Навч. посіб. для студентів, курсантів, аспірантів і ад'юнктів / за ред. А. Є. Конверського. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 352 с.
48. Основи наукових досліджень у схемах і таблицях : навч. посіб. / О. П. Кириленко, В. В. Письменний. – Тернопіль : ТНЕУ, 2013. – 228 с.
49. П'ятницька-Позднякова І. С. Основи наукових досліджень у вищій школі: Навч. посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2003. – 116 с.
50. Павленко В. В. Проблемні ситуації: поняття і типи / В. В. Павленко // Нові технології навчання: Збірник наукових праць // Інститут інноваційних технологій і змісту освіти Міністерства освіти і науки України, Академія міжнародного співробітництва з креативної педагогіки. – К., 2014. – Вип. 83. – 292 с. – С. 196–202.
51. Первой В. П., Шашурина Г. В. Теория и методы науки (сущность, особенности и структура научного познания): Лекция / Московская академия. – М. : Московская академия МВД России, 2000. – 42 с.
52. Пилипчук М. І. Основи наукових досліджень / М. І. Пилипчук, А. С. Григор'єв, В. В. Шостак. – К. : Знання, 2007. – 270 с.
53. Пономарів О. Д. Стилїстика сучасної української мови. – К. : Либідь, 1992. – С. 9–12.
54. Приклади оформлення бібліографічного опису у списку джерел, який наводять у дисертації, і списку опублікованих робіт, який наводять в авторефераті // Бюлетень ВАК України. Спецвипуск. – 2000. – № 2. – С. 39–40.
55. П'ятницька-Позднякова І. С. Основи наукових досліджень у вищій школі: Навч. посібник. – К., 2003. – 116 с.

56. Радаев В. В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 201 с.
57. Райзберг Б. А. Диссертация и ученая степень: Пособие для соискателей. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 303 с.
58. Рассоха І. М. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень». – Х.: ХНАМГ, 2011. – 76 с.
59. Романчиков В. І., Третьяков О. В., Гаврилюк Ю. М. Основи наукових досліджень. – – Кременчук, Вид. центр ІЕНТ, 2002. – 176 с.
60. Романчиков В. І. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 254 с.
61. Романюк М. М. Загальна і спеціальна бібліографія: Навчальний посібник. – 2-ге вид. – Львів : Світ, 2003. – 96 с.
62. Рузавин Г. И. Логика и методология научного поиска. – М. : Наука, 1996. – 278 с
63. Сафонов А. А. Основы научных исследований: учеб. пос. / Владивостокский гос. ун-т экономики и сервиса. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2000. – 168 с.
64. Свердан М. М., Свердан М. Р. Основы научных исследований: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2006. – 352 с.
65. Серова Г. А. Компьютер – помощник в оформлении диссертации: практ. руководство для тех, кто хочет быстро научиться работать на компьютере. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 350 с.
66. Сидоренко В. К., Дмитренко П. В. Основы научных исследований. – К., 2000. – 208 с.
67. Сисоєва С. О., Кристопчук Т. Є. Методологія науково-педагогічних досліджень: Підручник / С. О. Сисоєва, Т. Є. Кристопчук. – Рівне : Волинські обереги, 2013. – 360 с.

68. Скиба О. П. Стиль наукового мислення в інформаційну епоху / О. П. Скиба // Вісник Національного авіаційного університету. Філософія. Культурологія. – 2011. – № 2 (14). – С. 100–104.

69. Скиба О. П. Стиль наукового мислення в соціально-психологічному і соціологічному аспектах / О. П. Скиба // Вісн. Нац. авіац. ун-ту. – 2009. – № 1. – С. 128–131.

70. Соловйов С. М. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник.– К.: Центр учбової літератури, 2007. – 176 с.

71. Стеченко Д. М., Чмир О. С. Методологія наукових досліджень. – К.:Знання, 2007. – 317 с.

72. Сыдыков Ж. С. Понятие стиля научного мышления в контексте методики преподавания / Ж. С. Сыдыков // Инновационные образовательные технологии. – 2008. – № 1. – С. 36–39.

73. Тарелкін Ю. П. Методологія наукових досліджень / Ю. П. Тарелкін, В. О. Цикін. – Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2010. – 194 с.

74. Ткалич М. Г. Експериментальна психологія: Навчально-методичний посібник для студентів II та III курсів денного та III курсу заочного відділень факультету соціальної педагогіки та психології спеціальності „Психологія». – Запоріжжя: ЗНУ, 2007. – 68 с.

75. Усольцев А. П. Понятие инновационного мышления / А. П. Усольцев, Т. Н. Шамало // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 1 –С. 94–98.

76. Устюгов В. А. Проблема понимания стиля научного мышления / В. А. Устюгов // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – Тамбов : Грамота, 2013. – № 4 (30). – Ч. I. – С. 185–188.

77. Фаренік С. А. Логіка і методологія наукового дослідження / Українська академія державного управління при Президентіві України. – К. : Вид-во УАДУ, 2000. – 338 с.

78. Філіпенко А. С. Основи наукових досліджень: Конспект лекцій. – К. :Академвидав, 2004. – 208 с.
79. Фурман А. В. Теорія навчальних проблемних ситуацій: психолого-дидактичний аспект: Монографія. – Тернопіль : Астон, 2007. – 164 с.
80. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень: Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2003. – 240 с.
81. Чернілевський Д. В. Методологія наукової діяльності: Навчальний посібник / За ред. професора Д. В. Чернілевського. – Вінниця : Вид-во АМСКП, 2010. – 484 с.
82. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : Підручник / В. М. Шейко, Н. М. Кушнарєнко. – 6-те вид., переробл. і доповн. – К. : Знання, 2008. – 310 с.
83. Щербак Т.І. Моделювання як засіб вивчення особливостей образу Я у період репрезентації інтелекту особистості / Т. І. Щербак // Актуальні проблеми психології: Збірник наукових праць Інституту ім. Г. С. Костюка НАПН України. – 2013. – Т. X. – Вип. 24. – С. 773–783.
84. Щербак Т. І. Системний підхід як засіб вивчення особливостей образу Я у період репрезентації інтелекту особистості / Т. І. Щербак // Теоретичні і прикладні проблеми психології [зб. наук. праць. Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля]. – Луганськ : НОУЛІДЖ, 2013. – № 3 (32). – С. 315–320.
85. Юрченко З. В. Науковий потенціал особистості: психологічні чинники актуалізації / З. В. Юрченко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Сер. «Педагогічні науки». – 2014. – Вип. 115. – С. 276–279.
86. Zhuravel D., Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece – 2021. – Pp. 231-233.

87. Маніта І. Ю., Подашевська О.І. Проблеми і перспективи розвитку інформаційних технологій в сільському господарстві. – Праці ТДАТУ, 2020. – Вип. 20, т. 4. – С. 175-185
88. Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. Engineering of nature management. – 2021. – №1(19). – pp. 7–12.
89. Skliar A., Boltyanskyi B. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. – Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. – 2019. – Pp. 249-258.
90. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production. – Uman, 2019. – Pp. 18-20.
91. Boltianskyi B., Sklyar R., Dereza S., Grigorenko S., Syrotyuk S., Jakubowski T. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research. – Processes 2021, – 9(7), – Pp. 1144
92. Zhuravel D. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. // Multidisciplinary academic research. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. – Amsterdam, Netherlands 2021. – Pp. 83-86.
93. Skliar O., Grigorenko S. Technical means for mechanization of technological processes on livestock farms // Theory, practice and science. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. – Tokyo, Japan 2021. – Pp. 255-257.
94. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Topical issues of development of agrarian science in Ukraine. – Nizhin, 2019. – P. 84–91.
95. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. – 2018. Issue 8. Vol. 2. – Pp. 44–56.

96. Komar A., Skliar O. Basic methods of preparation of organic fertilizer from quail manure. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. – Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – С. 183-187.

97. Manita I. Y., Komar A. S. The influence of technological characteristics of the udder of cows on suitability for machine milking. Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – Вип. 11, том 1. – 13 с.

98. Skliar O., Serebryakova N. Safety measures during operation of biogas plant. *OSHAgro – 2021: Збірник тез I Міжн. наук.-практ. конф.* – Київ: НУБіП, 2021. – С. 22-24.

99. Skliar O., Boltianska N., Neparko T. Increasing the performance of the park of equipment with Telematics. Інформаційні технології в енергетиці та АПК: матеріали X-ої Міжн. наук.-практ. конф. – ЛНАУ, 2021 р. С.

100. Boltyanska N. Justification of choice of heating system for pigsty. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. – Vol. 18, No 1. – P. 57–62.

101. Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. – Минск: БГАТУ, 2020. – С. 519-522.

102. Vazhynskyi S. E., Sukharevskyi I. V., Sukharevskyi I. O. 3-D radome- enclosed aperture antenna analyses and Far-Side radiation Antennas and propagation. volume 58, number 9, sept. 2010. – P. 2843-2849.

Болтянська Наталя Іванівна

Скляр Олександр Григорович

ТЕХНОЛОГІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти

Редагування та коректура Болтянська Наталя
Комп'ютерне верстання Однорог Тетяна

Підписано до друку 02.09.2021 р. Формат 60x90/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 3,02.
Наклад 100 прим. Зам. № 3854

Видано та надруковано ФО-П Однорог Т.В.
72313, м. Мелітополь, вул. Героїв Сталінграда, 3а
Тел. (098) 243 96 51

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів видавничої продукції
від 29.01.2013 р. серія ДК № 4477