

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ**

**ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
І ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ**

Навчальний посібник

За редакцією професора Г. М. Лисюк

Харків
ХДУХТ
2014

УДК 001.891
ББК 73+36.80-1
О-75

Автори:

Лисюк Г. М., Шидакова-Каменюка О. Г., Самохвалова О. В.,
Неміріч О. В., Дьяков О. Г.

Рецензенти:

д-р техн. наук, проф. кафедри технології харчування Харківського
державного університету харчування та торгівлі П. П. Пивоваров,
д-р техн. наук, проф. кафедри штучного інтелекту Харківського
університету радіоелектроніки Є. І. Кучеренко

Рекомендовано вченою радою ХДУХТ,
протокол № 10 від 27 червня 2012 р.

Основи наукових досліджень і технічної творчості : навч.
О-75 посібник / Г. М. Лисюк [та ін.] ; за ред. Г. М. Лисюк. – Х. : ХДУХТ,
2014. – 202 с.

ISBN

Дане видання пропонується для студентів спеціальностей
«Технологія харчування», «Технологія хліба, кондитерських,
макаронних виробів та харчоконцентратів», «Технологія зберігання,
консервування та переробки плодів і овочів», «Технологія зберігання,
консервування та переробки молока», «Технологія зберігання,
консервування та переробки м'яса».

Посібник може бути використаний також студентами
споріднених спеціальностей, аспірантами, інженерно-технічними
працівниками галузі науково-дослідницької сфери.

УДК 001.891
ББК 73+36.80-1

© Лисюк Г. М., Шидакова-
Каменюка О. Г., Самохвалова О. В.,
Неміріч О. В., Дьяков О. Г., 2014

© Харківський державний
університет харчування
та торгівлі, 2014

ISBN

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1. Основи науковедення.....	8
1.1. Поняття, зміст та функції науки.....	8
1.2. Структура та класифікація галузей науки	12
1.3. Методи наукових досліджень	14
1.4. Організація науки в Україні	21
1.5. Підготовка наукових кадрів.....	24
1.6. Науково-дослідна робота студентів та її форми.....	27
Розділ 2. Класифікація та організація науково-дослідних робіт	34
2.1. Поняття про проблему, науковий напрям та тему наукового дослідження	34
2.2. Класифікація науково-дослідних робіт.....	37
2.3. Організація та проведення науково-дослідних робіт.....	38
2.4. Принципи організації науково-дослідної роботи.....	52
Розділ 3. Системний аналіз як загальний метод наукових досліджень.....	59
3.1. Поняття системного аналізу. Характеристика систем.....	59
3.2. Класифікація, властивості та закономірності систем.....	65
3.3. Системність світу та людського мислення.....	73
3.4. Моделювання як спосіб наведення систем.....	75
3.5. Процедури системного аналізу та алгоритм системних досліджень.....	84
Розділ 4. Математичне планування експерименту та обробка результатів дослідження	92
4.1. Застосування математичного планування експерименту	

в наукових дослідженнях	92
4.2. Поверхня відгуку та рівняння регресії.....	100
4.3. Методи планування експерименту.....	102
4.4. Засоби вирішення задач оптимізації.....	126
4.5. Оцінка точності результатів експерименту	143
Розділ 5. Інформаційне забезпечення наукових досліджень.....	147
5.1. Науково-технічна інформація та її роль у наукових дослідженнях.....	147
5.2. Класифікація джерел наукової інформації.....	151
5.3. Інформаційно-довідковий апарат.....	154
5.4. Організація збирання та документального оформлення одержаної інформації.....	160
5.5. Патентний пошук.....	165
Розділ 6. Наукові твори.....	176
6.1. Структура наукових творів.....	176
6.2. Вимоги до оформлення наукових творів	181
Список рекомендованої літератури.....	186
Додатки.....	188

ВСТУП

Раціональне функціонування підприємств галузі в сучасних умовах господарювання неможливе без рекомендацій науки. Сфера діяльності науки безмежна. Кожна група природних явищ, кожна фаза суспільного життя, кожна стадія розвитку в минулому та сьогодні є матеріалом для науки. Жодне важливе питання сучасності неможливо ефективно вирішити, не спираючись на науку. Наука на сьогодні має брати участь не лише на етапі відкриття, на етапі доведення цього відкриття до практично реалізованої форми, а й у процесі передавання та освоєння результатів науково-технічного прогресу. Наука перетворюється у виробничу силу суспільства. Це зумовлює те, що часова дистанція між науковим відкриттям і його практичною реалізацією скорочується. Але кожний крок уперед досягається все більшими зусиллями, більшими затратами наукового потенціалу, творчих сил учених і матеріальних ресурсів суспільства.

Цей факт висуває нові вимоги до підготовки фахівців. Серед найголовніших – вимоги розвитку спеціаліста творчого, ініціативного, який має організаторські навички та вміння спрямовувати діяльність свого підрозділу на вдосконалення технологічного процесу шляхом запровадження в практику нових досягнень наукової і технічної думки. Розвиток науки у вищій школі передбачає підвищення якості підготовки спеціалістів, здатних, у свою чергу, після закінчення навчання самостійно вирішувати серйозні наукові завдання, йти у рівень з передовими ідеями теорії та практики управління народним господарством в умовах ринкової економіки. Ця обставина передбачає виховання студента, здатного до такої культури розумової праці, за якої формуються засоби творчої діяльності. У зв'язку з цим виникає необхідність озброєння молодих фахівців новітніми знаннями в галузі наукових досліджень. Із метою підготовки фахівців такого рівня навчальні плани вищих навчальних закладів передбачають виконання студентами курсових та випускних кваліфікаційних робіт, різних форм навчально-дослідної роботи (підготовка рефератів, повідомлень, доповідей, проведення досліджень під час лабораторних занять та на виробництві тощо), участь студентів у науково-практичних конференціях та ін. Таким чином, наукова підготовка студентів у вузах є однією з головних програм навчання. Базується ця наукова підготовка насамперед на освоєнні дисципліни «Основи наукових досліджень і технічної творчості».

У результаті вивчення курсу «Основи наукових досліджень і технічної творчості» студенти засвоюють методологію й методику наукових досліджень та способи їх організації; набувають навичок відбирання та аналізу необхідної інформації; вчаться формулювати мету

та завдання досліджень, розробляти робочу гіпотезу, планувати й проводити експеримент, обробляти результати вимірювань і оцінювати помилки та спостереження, зіставляти результати досліджень із робочими гіпотезами, формулювати висновки за дослідженням, складати наукові твори.

Метою вивчення дисципліни є одержання студентами знань про науково-дослідну діяльність та набуття навичок проведення самостійних досліджень.

При цьому переслідується урахування трьох взаємопов'язаних питань:

навчальних – глибоке та міцне засвоєння студентами знань з основ наукових досліджень; набуття вмінь самостійно реалізувати науковий експеримент;

розвивальних – розвиток мови, мислення, пам'яті, творчих здібностей, рухової та сенсорної систем;

виховних – формування світогляду, моралі, відповідального ставлення до майбутньої професії тощо.

Вивчення дисципліни включає лекції, лабораторні заняття, індивідуальні завдання, тестові завдання, колоквіуми та самостійну роботу студентів з підручниками та навчально-методичною літературою.

Об'єктом вивчення дисципліни є наукова діяльність як вид суспільно-корисної праці.

Предметом вивчення дисципліни є вид наукової діяльності, загальнонаукові та конкретнонаукові методи дослідження, у тому числі метод системного аналізу, принципи організації дослідження, методи планування експерименту, обробки та оформлення результатів дослідження.

Завданням вивчення дисципліни є формування в студента певної системи знань та вмінь.

Студент повинен знати:

- основні поняття науковедення;
- основні поняття системного аналізу як методу дослідження;
- класифікаційні ознаки, властивості та закономірності систем;
- інформаційне забезпечення наукових досліджень;
- стадії науково-дослідних робіт;
- принципи організації та способи проведення експерименту;
- способи математичного планування експерименту та обробки результатів дослідження;
- правила складання та оформлення наукових творів.

Студент повинен уміти:

- володіти способами пошуку інформації та працювати з літературними джерелами;
- обґрунтувати тему дослідження та організувати проведення експерименту;
- скласти план експерименту;
- застосовувати методи математичного планування експерименту та обробки результатів досліджень із використанням ЕОМ;
- володіти основними процедурами системного дослідження – декомпозиції та агрегування;
- застосовувати методи розрахунку окремих показників функціонування технологічних систем;
- оформляти результати у вигляді різної наукової продукції.

РОЗДІЛ 1 ОСНОВИ НАУКОВЕДЕННЯ

1.1. Поняття, зміст та функції науки

Наука – це сфера людської діяльності, спрямована на здобуття нових знань стосовно об'єктивних законів природи, суспільства та мислення. Часто науку визначають як вид дослідницької діяльності, що спрямований на виробництво нових знань. Знання відтворюють у свідомості людини об'єктивну дійсність і є основою наукового розуміння світу. За словами англійського філософа Ф. Бекона, «знання – це сила». Система знань досягається людиною за допомогою відповідних методів пізнання й виражається в точних поняттях, істинність яких перевіряється та доводиться суспільною практикою. Наукове знання починається тоді, коли за сукупністю фактів усвідомлюється закономірність – всезагальний і необхідний зв'язок між ними, що дозволяє пояснити, чому дане явище протікає в такий, а не в інший спосіб, передбачити його подальший розвиток. Зважаючи на це, наука є сукупністю знань, зведених у систему, де ці факти й закони пов'язані між собою певними відносинами та взаємозумовлюють один одного.

Розвиток науки проходить від простого збирання фактів через їх вивчення та розкриття окремих закономірностей до логічної наукової теорії, що пояснює вже відомі факти й передбачає нові. Правильність наукового знання визначається не лише його логічною несуперечністю, доведеністю, а й насамперед його перевіркою на практиці – у спостереженні та науковому експерименті.

Виникнення та розвиток науки зумовлюється потребами матеріального виробництва, розвитку суспільства.

Головною причиною виникнення науки було формування суб'єктно-об'єктних відносин між людиною та оточуючим середовищем. Це пов'язано з переходом людства від збиральництва до виробничого господарства. Зокрема, в епоху палеоліту людина створює перші знаряддя праці з каменя та кістки, оволодіває вогнем, в епоху мезоліту – займається обробкою дерева. У період неоліту розвивається гончарне ремесло, землеробство, на початок першого тисячоріччя до нашої ери з'являються знаряддя праці із заліза. Можна вважати, що фундамент класичної науки був закладений у Давній Греції приблизно в VI ст. до н.е. (Аристотель, Архімед). Цей період характеризується заміною міфологічного мислення раціоналістичним. Наука має умоглядний характер, учені не намагаються поєднати науку з практикою.

Прогресивний розвиток науки розпочався в XV – XVIII ст. Причиною цього був розвиток виробничих сил і виникнення капіталістичного способу виробництва. Із цим періодом розвитку людства пов'язане відкриття Коперником геліоцентричної системи світу, виникнення механіки Ньютона і Галілея, народження диференційного й інтегрального обчислення (Лейбніц, Ньютон) та ін.

Наступний період розвитку науки пов'язаний із промисловим переворотом наприкінці XVIII ст. Цей період супроводжувався активним застосуванням робочих машин і парового двигуна. До видатних відкриттів того часу відносять появу закону збереження речовини (Ломоносов, Лавуазьє), закону збереження і перетворення енергії (Джоуль, Гельмгольц), розроблення Менделєєвим періодичної системи елементів, створення неевклідової геометрії Лобачевського, відкриття електромагнетизму (Фарадей, Максвелл, Герц) та ін.

XIX ст. характеризується відкриттям складної будови атома, виділенням електрона як його складової частини, зародженням квантової теорії (Столетов, Планк) та ін. Наука стає професійною, а поняття «вчений» означає не лише освічену людину, а професію певної частини освічених людей. Формуються основні інститути сучасної науки, зростає її роль у суспільстві. Цей період характеризується промисловою революцією, у якій наукове знання переплелось з технологічними досягненнями. Розвиток технологій стимулює розвиток науки, яка, у свою чергу, створює фундамент для нових технологій.

Характерна особливість XX ст. – диференціація та інтеграція наук. Виникає теорія відносності, кібернетика, квантова механіка, фізична хімія, генетика та інші науки.

Із кожним роком вплив науки на розвиток виробництва стає все більш суттєвим. Наука відкриває невідомі раніше властивості природи, нові матеріали, методи їх оброблення, енергетичні джерела, що робить можливим появу раніше неведомих сфер виробництва та споживання (радіоелектроніка, ядерна енергетика тощо). Тобто сучасне виробництво неможливе без упровадження наукових методів, його подальше зростання потребує розвитку всіх галузей науки. Наука перетворюється в безпосередню виробничу силу, що потребує вивчення. Дослідницька галузь, що займається вивченням науки, її структури, динаміки, взаємодії та зв'язку з різними соціальними інститутами називається *науковеденням*.

Науковедення являє собою сукупність досліджень, що розкривають різні сторони науки як цілісної системи, що розвивається та функціонує за властивими їй об'єктивними законами. Воно вивчає закономірності розвитку наукового знання, місце і роль науки в розвитку суспільства, політичні, економічні, психологічні та інші

аспекти науково-дослідної діяльності, структуру наукових закладів та їх зв'язок із розподіленням наукових кадрів, систему комунікацій між ученими та ін. Такі дослідження утворюють теоретичну основу для планування наукових пошуків, для керування наукою.

Поняття науки ґрунтується на її змісті і функціях у суспільстві. Змістом науки є, з одного боку, теорія як система знань, що є формою суспільної свідомості та досягнень інтелекту людей; з іншого – практичне використання отриманих знань для виробництва життєвих благ. Зважаючи на це, метою науки є пізнання законів розвитку природи та суспільства, вплив на природу на основі використання набутих знань для отримання корисних суспільству результатів. Можна виділити шість основних взаємопов'язаних завдань науки (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Завдання науки

До основних *функцій*, які виконує наука в суспільстві, відносяться:

- функція соціальної пам'яті (накопичення досвіду попередніх епох, його збереження та доведення до відому сучасників);
- гносеологічна (пізнавальна) (забезпечення потрібних суспільству знань для вирішення поставлених проблем);
- нормативна (встановлення, організація та регулювання відносин між науковими структурами);
- комунікативна (забезпечення зрозумілого спілкування за рахунок наукової мови);

- аксіологічна (формує в суспільстві ціннісні орієнтації, які спрямовують результати наукових відкриттів на благо людства);
- креативна (створює потужний інтелектуальний потенціал людства);
- виховна (підвищує рівень освіченості в суспільстві).

Узагальнення вищепереліченого дозволяє виділити три базові функції науки: пізнавальну, культурно-виховну та практично-діючу. Із точки зору пізнавальної діяльності, наука – це інформаційна система, яка здійснює систематизацію накопичених раніше знань, що служать основою для подальшого пізнання об'єктивної дійсності. *Пізнавальна функція* науки полягає в задоволенні потреб людини в пізнанні законів природи та суспільства. Із точки зору практичної діяльності, наука є системою реалізації усвідомлених закономірностей у практиці. *Культурно-виховна функція* полягає в розвитку культури, гуманізації виховання та формуванні нової людини; *практично-діюча* – в удосконаленні виробництва та системи суспільних відносин, тобто безпосередньої виробничої сили матеріального виробництва.

Сучасна наука являє собою розгалужену сукупність окремих наукових галузей. Предметом науки є не лише оточуюче людину середовище, різні форми та види руху матерії, але їх відображення у свідомості людини. За своїм предметом науки поділяються на *природничо-технічні*, що вивчають закони природи і способи її освоєння та трансформації, та *суспільні*, що вивчають різні суспільні явища та закони їх розвитку, а також безпосередньо саму людину як істоту соціальну. Кожна наука має свої напрями, які розгалужуються в процесі розвитку. Процес розгалуження, появи нових наук на стику раніше відомих або внаслідок відокремлення від них називається *диверсифікацією*. Результатом диверсифікації стала фізика твердих тіл, товарознавство, ергономіка та ін. Під час розгалуження наук може відбуватися їх *інтеграція* – взаємопроникнення, об'єднання в нову науку. Унаслідок інтеграції виникли генна інженерія, біохімія, математична статистика, технічна кібернетика, технічна естетика тощо.

За спрямованістю, за відношенням до практики природничо-технічні науки поділяють на *фундаментальні* та *прикладні*. Провести чітку межу між ними неможливо, тому до фундаментальних (природничих) відносять науки, які вирішують пізнавальні проблеми про природу, суспільство, мислення, не розглядаючи питання про можливе застосування знань (фізика, хімія, біологія, географія, астрономія та ін.); а до прикладних – ті, що спрямовані на вирішення не лише пізнавальних, але й соціально-практичних проблем (радіотехніка, машинобудування). Мета *фундаментальних* досліджень – відкриття нових законів природи, розкриття зв'язків між явищами й створення

нових теорій. Їх сутність полягає в одержанні принципово нових знань і подальшому розвитку системи накопичених знань. Вони становлять основу розвитку як самої науки, так і суспільного виробництва. Метою *прикладних* (технічних) наук є впровадження отриманих знань у практику для задоволення потреб людини. Сутність таких досліджень полягає у створенні нових або вдосконаленні існуючих засобів виробництва, предметів споживання та ін. Прикладні дослідження, зокрема в галузі технічних наук, спрямовані на використання на практиці наукових знань, отриманих із фундаментальних досліджень. Об'єктом таких досліджень зазвичай є машини, технологія й організаційна структура.

Науковий пошук фундаментального характеру спрямований на підвищення рівня наукових знань та на відкриття нових законів природи, пов'язаний із новими оригінальними ідеями. Неможливо передбачити тривалість фундаментальних досліджень, тому вони дуже складні, потребують великої і тривалої підготовки. Зокрема, вивчення діяльності тайфунів, вулканів, припливів і відливів, тощо, здійснюють спеціальні експедиційні групи вчених. Фундаментальні дослідження найчастіше є більш довготривалими за прикладні.

Підтримка фундаментальних наук здійснюється державою, у той час, коли прикладні науки найчастіше є сферою промисловості.

В умовах сучасної науково-технічної революції прикладні наукові дослідження та впровадження їхніх результатів у промислове виробництво не менш важливі, ніж фундаментальні. Швидко впровадження в практику часто дає пріоритет країні-впроваджувачу на світовому ринку та визначає її місце у світовій економіці.

1.2. Структура та класифікація галузей науки

Процес накопичення знань, рух людської думки від незнання до знання називають *науковим пізнанням*. Діалектика процесу пізнання полягає в суперечності між обмеженістю наших знань і безмежною складністю об'єктивної дійсності. Процес наукового пізнання полягає, в першу чергу, у накопиченні фактів і даних досліду, що складають реальну основу всіх висновків та узагальнень науковців, які підлягають серйозному осмисленню, систематизації та узагальненню за допомогою найпростіших абстракцій – *понять*, які є важливими структурними елементами науки (рис. 1.2).

Поняття – це вища форма думки, що відображає предмети та явища матеріального світу в їх загальних та важливих ознаках.

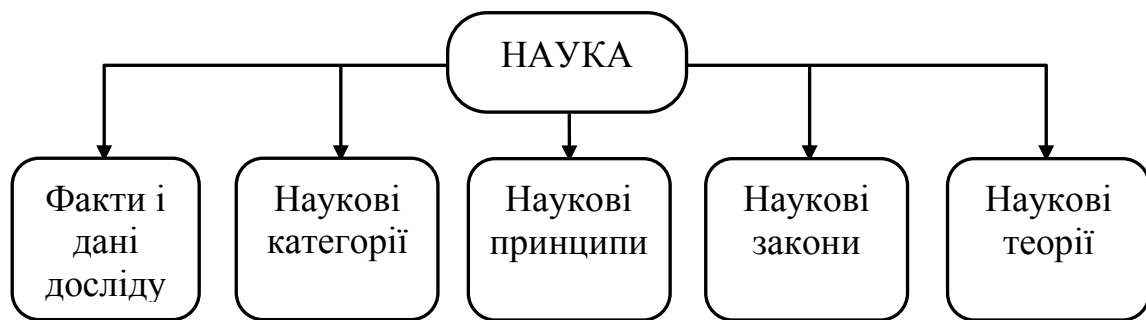


Рисунок 1.2 – Основні структурні елементи науки

Сукупність понять (термінів), які використовуються в певній науці, утворюють її понятійний апарат.

Найбільш широкі поняття (найбільш узагальнені абстракції), які відображають особливості предмета, змісту та методу науки, називають *категоріями*. До категорій відносяться, зокрема, філософські поняття щодо форми та змістовності явищ.

Важливою формою знань є наукові *принципи* (постулати) – похідні положення будь-якої галузі науки. Наукові принципи виступають початковою формою систематизації знань. Вони об'єктивно в природі не існують, але тісно пов'язані з науковими законами.

Одними з найважливіших складових елементів у системі наукових знань, які відображають найбільш суттєві, стійкі, повторювані внутрішні зв'язки в природі, суспільстві та мисленні, є *наукові закони*. Зазвичай закони виступають у формі певного співвідношення понять та категорій. Наукові закони відповідають законам об'єктивного світу, є їх більш або менш точним відображенням. Доведення закону здійснюється за допомогою *судження*. Під судженням розуміють таку форму мислення, яка шляхом порівняння кількох понять дозволяє стверджувати або заперечувати наявність в об'єктах дослідження певних властивостей, якостей. Його можна отримати в разі безпосереднього спостереження будь-якого факту або опосередковано за допомогою умовиводу. *Умовивід* – це розумова діяльність, у процесі якої з певної кількості заданих суджень шляхом логічних операцій синтезується нове знання, яке певним чином пов'язане з вихідними судженнями.

Під поняттям *наукової теорії* розуміють найвищу форму узагальнення та систематизації наукових знань, яка адекватно й цілісно відображає певну сферу дійсності. Теорія виступає як вчення про узагальнений досвід, що формулює наукові принципи й методи, які дозволяють пізнати та узагальнити існуючі процеси і явища, проаналізувати дію на них різних чинників і надати рекомендації щодо їх використання в практичній діяльності людини. Теорія є формою синтезованого знання, у межах якого окремі поняття, гіпотези та закони

втрачають колишню автономність і трансформуються в елементи цілісної системи наукових знань.

У змісті науки важливе місце відводиться її класифікації. Вищою атестаційною комісією (ВАК) України за погодженням із Міністерством освіти і науки України, Державним комітетом у справах науки і технологій України затверджено певну класифікацію галузей наук (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Класифікація основних галузей наук

За сучасною класифікацією (за станом на 05.10.2010 р.) розрізняють 27 галузей наук, які, у свою чергу, підрозділяються на 66 груп. Зокрема, технічні науки складаються з 21 групи, у яких передбачено 129 спеціальностей. Зазначення шифру спеціальності здійснюється в наступний спосіб: XX.YY.ZZ, де XX – галузь наук, YY – група спеціальностей, ZZ – спеціальність. Наприклад, шифр 05.18.16 означає: галузь – технічні науки, група – технологія харчової та легкої промисловості, спеціальність – технологія продуктів харчування.

1.3. Методи наукових досліджень

Під *методом* наукового дослідження розуміють спосіб пізнання об'єктивної дійсності, який складається з певної послідовності дій, прийомів, операцій. Поняття методу потрібно відрізнити від понять техніки, процедури та методики наукового дослідження. *Техніка* дослідження являє собою сукупність спеціальних прийомів для використання того чи іншого методу. Під *процедурою* розуміють певну

послідовність дій, спосіб організації дослідження. *Методика* дослідження є сукупністю способів та прийомів пізнання, порядку їх застосування, інтерпретації отриманих з її допомогою результатів. Методика є засобом технічної реалізації різних методів.

Методи досліджень класифікують в основному за галузями наук: медичні, математичні, хімічні тощо. Залежно від рівня пізнання виділяють методи емпіричного, теоретичного та метатеоретичного рівня (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Класифікація методів наукових досліджень

Методи, що застосовуються на емпіричному рівні досліджень

Спостереження – це спосіб пізнання, заснований на безпосередньому сприйнятті властивостей предметів і явищ за допомогою органів чуттів. Унаслідок спостереження отримуються знання стосовно зовнішніх властивостей і взаємовідносин предметів і явищ. Спостереження, як метод наукового дослідження, застосовується, наприклад, для збирання соціологічної інформації. Основні вимоги до спостережень:

- певність та чіткість поставленого завдання;
- планомірність (виконання за планом, складеним відповідно до завдання спостереження);
- цілеспрямованість (спостерігаються лише певні сторони явища, які викликають інтерес під час дослідження);
- активність (спостерігач активно шукає потрібні об'єкти, риси явища);
- систематичність (спостереження проводиться безперервно або за певною системою).

Якщо спостереження проводилося в природному середовищі чи на виробництві, то його називають польовим або виробничим, а якщо умови навколишнього середовища спеціально створені дослідником, то воно буде вважатися лабораторним. Результати спостереження можуть фіксуватися в лабораторних журналах, щоденниках, картках, на відео- або аудіоапаратурі та іншими способами.

Під *описом* розуміють метод фіксації ознак досліджуваного об'єкта, що встановлюється, наприклад, шляхом спостереження або виміру. Опис буває *безпосереднім*, коли дослідник безпосередньо сприймає та вказує ознаки об'єкта; та *опосередкованим*, коли дослідник відзначає ознаки об'єкта, які сприймалися іншими особами (наприклад, характеристики НЛЮ).

Рахунок – це визначення кількісних співвідношень об'єктів дослідження або параметрів, що характеризують їх властивості. Кількісний метод широко застосовується в статистиці.

Метод *порівняння* полягає в зіставленні ознак, властивих двом або декільком об'єктам, установленні відмінності між ними або знаходженні в них спільного. Цей метод ґрунтується на вивченні, зіставленні подібних об'єктів, виявленні спільностей та відмінностей, переваг і недоліків. Таким шляхом можна вирішити практичні завдання вдосконалення різних технологій.

Вимоги до методу порівняння:

- можуть порівнюватися лише такі явища, між якими можлива деяка об'єктивна схожість;
- порівняння має здійснюватися за найважливішими, суттєвими (щодо конкретного завдання) рисами.

Вимірювання – це визначення чисельного значення деякої величини шляхом порівняння її з еталоном. У технічних науках вимірювання застосовується для визначення тривалості тих або інших явищ і процесів, температури, розміру, вологості, ваги та ін. Вимірювання розвинулося з операції порівняння, проте воно є більш потужним і універсальним пізнавальним засобом.

Для точних наук характерним є органічний зв'язок спостережень та експериментів із знаходженням числових значень характеристик досліджуваних об'єктів. *Експеримент* – це штучне відтворення явища або процесу в заданих умовах, у ході якого перевіряється висунута гіпотеза. Основними перевагами експерименту порівняно зі спостереженням є можливість вивчення явища «у чистому вигляді», звільнившись від побічних чинників; дослідження властивостей об'єктів в експериментальних умовах та проведення дослідів у потрібній повторюваності.

Одержати знання стосовно об'єкта дослідження можна за допомогою його заміників (аналога, моделі). Такий метод називається *моделюванням*. На підставі подібності моделі й об'єкта, що моделюється, висновки про неї за аналогією переносяться на цей об'єкт.

Методи, що застосовуються на теоретичному рівні досліджень

Аксиоматичний метод – це спосіб дослідження, який полягає в тому, що деякі твердження (аксіоми, постулати) приймаються без доказів і потім за певними логічними правилами з них виводяться інші знання.

Гіпотетичний метод – дослідження за допомогою наукової гіпотези. Метод базується на припущенні стосовно причини, яка викликає даний наслідок, або стосовно існування деякого явища або предмета. Різновидом цього методу є гіпотетико-дедуктивний спосіб дослідження, сутність якого полягає в створенні системи дедуктивно пов'язаних між собою гіпотез, із яких виводяться твердження про емпіричні факти.

Структура гіпотетико-дедуктивного методу складається з наступних елементів:

- висування припущення стосовно причини й закономірності досліджуваних явищ і предметів;
- відбір з безлічі припущень найбільш імовірного;
- виведення з відібраного припущення (посилки) наслідку (висновку) за допомогою дедукції;
- експериментальна перевірка виведених із гіпотези наслідків.

Відображення явища або предмета в знаковій формі якої-небудь штучної мови (наприклад, логіки, математики, хімії) і вивчення цього явища або предмета шляхом операцій із відповідними знаками називається *формалізацією*. Використання штучної формалізованої мови в науковому дослідженні дозволяє усунути такі недоліки природної мови, як багатозначність, неточність, невизначеність. Під час формалізації замість міркувань стосовно об'єктів дослідження оперують зі знаками (формулами). Шляхом операцій із формулами штучних мов можна одержувати нові формули, доводити істинність якого-небудь положення. Формалізація є основою для алгоритмізації й програмування, без яких не може обійтися комп'ютеризація знання й процесу дослідження. Формалізація має низку переваг, а саме:

- забезпечення узагальненості підходу до вирішення проблем;
- стислість та чіткість фіксації значень;
- однозначність символіки (немає багатозначності звичайної мови);
- формування знакових моделей об'єктів та заміна вивчення реальних речей і процесів вивченням цих моделей.

Здійснити уявне відволікання від деяких властивостей і відносин досліджуваного предмета й виділити декілька рис, що цікавлять дослідника допомагає *абстрагування*. Зазвичай під час абстрагування другорядні властивості й зв'язки досліджуваного об'єкта відділяються від істотних властивостей і зв'язків. Абстрагування дає змогу замінити в пізнанні складне простим, але таким простим, яке відбиває основне в цьому складному. Абстракція може мати декілька видів (рис. 1.5).

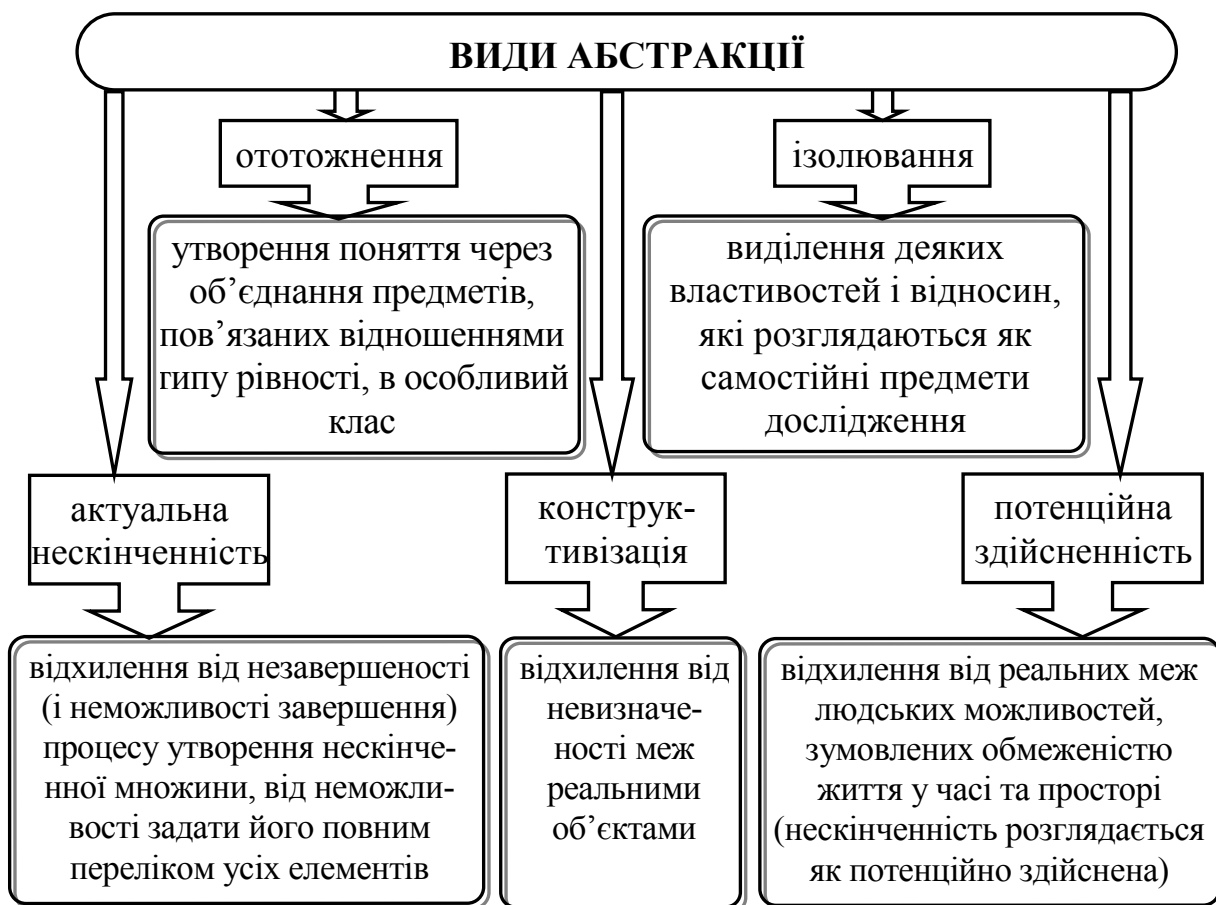


Рисунок 1.5 – Види абстракції

Результат абстрагування часто виступає як специфічний метод дослідження, а також як елемент складніших за своєю структурою методів експерименту – аналізу та моделювання.

Узагальнення – установлення загальних властивостей і відносин предметів і явищ; визначення загального поняття, у якому відбиті істотні, основні ознаки предметів або явищ даного класу. Разом із тим узагальнення може виражатися у виділенні не істотних, а будь-яких ознак предмета або явища. Цей метод наукового дослідження

спирається на філософські категорії загального, особливого й одиничного.

Сходження від абстрактного до конкретного як метод наукового пізнання полягає в тому, що дослідник спочатку знаходить головний зв'язок досліджуваного предмета (явища), потім, прослідковуючи, як він видозмінюється в різних умовах, відкриває нові зв'язки й таким чином відображає в усій повноті його сутність.

Загальнонауковими (загальнологічними) методами досліджень є аналіз, синтез, індукція, дедукція, аналогія.

Аналіз – це розчленовування, розкладання об'єкта дослідження на складові частини (природні елементи об'єкта або його властивості й відношення). Метод *синтезу* полягає в з'єднанні окремих сторін, частин об'єкта дослідження в єдине ціле. Аналіз і синтез є взаємопов'язаними методами і являють собою єдність протилежностей.

Індукцією називається рух думки (пізнання) від фактів, окремих випадків до загального положення, перехід від часткового до загального, коли на підставі знання про частину предметів класу робиться висновок стосовно класу в цілому. Протилежним індукції методом пізнання є *дедукція* – виведення одиничного, частини з якого-небудь загального положення; рух думки (пізнання) від загальних тверджень до тверджень про окремі предмети або явища. За допомогою дедуктивних умовиводів «виводять» певну думку з інших думок. Змістом дедукції як методу пізнання є використання загальних наукових положень під час дослідження конкретних явищ.

Аналогія – це спосіб одержання знань стосовно предметів та явищ на підставі того, що вони мають подібність з іншими; міркування, у якому з подібності досліджуваних об'єктів у деяких ознаках робиться висновок щодо їхньої подібності і в інших ознаках.

Методи, що застосовуються на метатеоретичному рівні досліджень

На метатеоретичному рівні досліджень застосовуються в основному всезагальні філософські методи, зокрема діалектичний і метафізичний. Закони *діалектики* мають загальне значення, вони властиві розвитку природи, суспільства й мислення, тому перевага надається діалектичному методу. У сучасному розумінні діалектика – це теорія й метод пізнання дійсності, вчення стосовно єдності світу й загальних законів розвитку природи, суспільства й мислення.

Основними принципами діалектики, що застосовуються під час вивчення предметів і явищ, є наступні (рис. 1.6):



Рисунок 1.6 – Основні принципи діалектики

Метафізика на сьогодні розуміється як антидіалектичний спосіб мислення. Найбільш характерна, істотна риса метафізики – однобічність, абсолютизація одного (байдуже якого саме) боку процесу пізнання.

Метафізика розглядає речі та явища незмінними й незалежними одне від одного, що заперечує внутрішні протиріччя як джерело розвитку в природі й суспільстві. Метафізичний спосіб пізнання містить у собі цілу низку різновидів (ідеалізм, сенсуалізм, раціоналізм, емпіризм, догматизм, релятивізм та ін.), які виникають у результаті абсолютизації окремих моментів, форм, етапів пізнавального процесу.

Системний метод (метод системного аналізу) полягає в комплексному дослідженні великих і складних систем, як єдиного цілого з узгодженим функціонуванням усіх елементів і частин, їх зв'язку з оточуючим середовищем. Під системою розуміють певну сукупність матеріальних або ідеальних об'єктів. У разі застосування методу системного підходу вивчається кожен елемент системи, його зв'язки та взаємодія з іншими елементами. Виявляється, що ці зв'язки та взаємодія призводять до виникнення нових властивостей системи, які були відсутні у елементів, що її складають. Кінцевим етапом системного методу є визначення оптимального режиму функціонування досліджуваної системи.

1.4. Організація науки в Україні

Правові, організаційні та фінансові засади функціонування та розвитку науково-технічної сфери визначаються Законами України «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Метою Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» є «...врегулювання відносин, пов'язаних з науковою і науково-технічною діяльністю, та створення умов для підвищення ефективності наукових досліджень і використання їх результатів для забезпечення розвитку усіх сфер суспільного життя».

Державне регулювання та управління розвитком науки здійснюють Президент України, Верховна Рада України і Кабінет Міністрів України. Вищим органом організації науки є Національна академія наук України (НАН України).

Функції Президента України щодо регулювання діяльності науково-технічної сфери:

- визначення системи органів виконавчої влади, які здійснюють державне управління у сфері наукової і науково-технічної діяльності;
- забезпечення здійснення контролю за формуванням та функціонуванням системи державного управління у сфері наукової і науково-технічної діяльності;
- створення консультативної ради 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. Вивчення пропозицій щодо ефективного використання коштів Державного бюджету, що спрямовуються на розвиток науки, технологій та інновацій, щодо удосконалення структури управління наукою, системи підготовки та атестації кадрів.

Формування державної науково-технічної політики здійснюється Верховною Радою України (рис. 1.7) на основі щорічного звіту Уряду України.

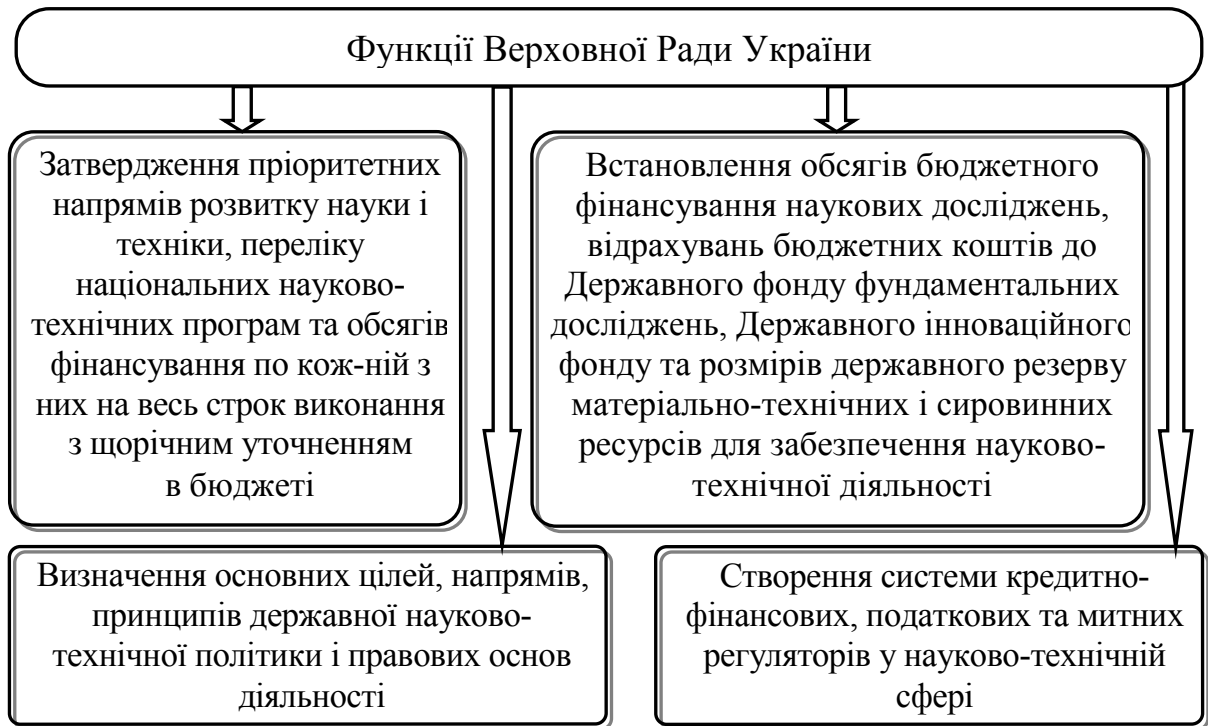


Рисунок 1.7 – Функції Верховної Ради України щодо регулювання діяльності науково-технічної сфери

Загальне керівництво науковими дослідженнями здійснює Кабінет Міністрів України (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Функції Кабінету Міністрів України щодо регулювання діяльності науково-технічної сфери

Головні заходи щодо підвищення ефективності наукових досліджень та впровадження їх результатів у народне господарство визначає Міністерство освіти і науки України. Міністерство забезпечує науково-технічною інформацією, координує розробку міжгалузевих

проблем, організовує науково-технічне співробітництво із зарубіжними науково-дослідними установами.

В Україні наука організаційно ділиться на п'ять взаємопов'язаних секторів (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Основні організаційні сектори науки України

До *академічного* сектору відносять заклади Національної академії наук України, Української академії аграрних наук, Академій медичних, педагогічних та правових наук України, галузевих академій (Української екологічної академії наук, Української академії архітектури, Академії інженерних наук України, Академії наук вищої школи України, Української академії економічної кібернетики, Міжнародної академії комп'ютерних наук та систем, Міжнародної академії біоенерготехнологій). Академії виконують замовлення органів державної влади стосовно розроблення засад державної наукової і науково-технічної політики, проведення наукової експертизи проектів 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.

Національна академія наук України (НАНУ) здійснює заходи щодо очолення та координування фундаментальних досліджень у різних галузях науки. Структурними підрозділами НАНУ виступають науково-дослідні інститути, лабораторії.

На сьогодні Національна академія наук організаційно включає п'ять наукових центрів (рис. 1.10), які відповідають основним галузям досліджень у певному регіоні. Кожний науковий центр має у своєму складі науково-дослідні інститути або їх відділення.

До складу *галузевої* науки входять самостійні наукові організації, що знаходяться в підпорядкуванні органів державного та галузевого управління (Міністерства екології та природних ресурсів, Міністерства аграрної політики та продовольства, Міністерства охорони здоров'я та інших міністерств і відомств), та самостійні науково-дослідні інститути, конструкторські бюро, науково-виробничі об'єднання. Зазначені науково-дослідні установи вирішують проблеми певної галузі.



Рисунок 1.10 – Основні наукові центри Національної академії наук України

У підпорядкуванні *вузівської науки* знаходяться вищі навчальні заклади, які мають проблемні та галузеві лабораторії, науково-дослідні підрозділи тощо, а також виконують науково-технічні роботи на кафедрах, що знаходяться в їх підпорядкуванні.

Самостійні науково-дослідні підрозділи, які входять до складу виробничих об'єднань, конструкторські, технологічні та інші технічні служби, підрозділи в структурі підприємств, які не є юридичними особами, включає *заводська наука*.

Недержавні наукові організації, створені у формі малих підприємств різноманітних організаційно-правових форм, об'єднує *позавідомча наука*. Цей сектор називають також підприємницьким. До нього відносяться створені комерційними структурами потужні наукові організації, малі інноваційні підприємства, приватні консультаційні осередки.

1.5. Підготовка наукових кадрів

Згідно із Законом України «Про наукову і науково-технічну діяльність» суб'єктами наукової і науково-технічної діяльності можуть бути як фізичні особи (вчені, наукові працівники, науково-педагогічні працівники), так і юридичні установи (наукові організації, вищі навчальні заклади III-IV рівнів акредитації, громадські організації в науковій та науково-технічній діяльності).

Свідченням наукової кваліфікації є наукові ступені (кандидат та доктор наук) і вчені звання (старший науковий співробітник, доцент, професор). До 2010 р. атестація наукових і науково-педагогічних кадрів вищої кваліфікації здійснювалася Вищою атестаційною комісією України (ВАК). 9 грудня 2010 р. Вищу атестаційну комісію України ліквідовано, її функції покладено на Міністерство освіти і науки України.

Формами підготовки науково-педагогічних та наукових кадрів вищої кваліфікації є аспірантура та докторантура. Порядок вступу та навчання в аспірантурі та докторантурі встановлюється Кабінетом Міністрів України. Аспірантура і докторантура створюють умови для безперервної освіти, підвищення науково-педагогічної та наукової кваліфікації громадян і здобуття наукового ступеня кандидата або доктора наук.

Згідно з «Положенням про порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань» на присвоєння наукового ступеня можуть претендувати особи, що мають глибокі фахові знання та наукові досягнення у визначеній галузі науки, широкий науковий і культурний світогляд, які позитивно зарекомендували себе в науковій і виробничій роботі.

Науковий ступінь *кандидата наук* присуджується особам, що мають вищу освіту на підставі прилюдного захисту дисертації. Здобувач наукового ступеня кандидата наук повинен скласти кандидатські іспити. Перелік кандидатських іспитів, їх зміст і порядок проведення визначаються Міністерством освіти і науки України відповідно до спеціальності.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук повинна бути науковою працею, у якій міститься вирішення конкретного питання, важливого для відповідної галузі науки, або викладено виконані автором науково обґрунтовані технічні, економічні чи технологічні розробки, спрямовані на впровадження досягнень науки у виробництво.

Науковий ступінь *доктора наук* присуджується на підставі прилюдного захисту дисертації особою, яка має ступінь кандидата наук у відповідній галузі науки.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора наук повинна бути самостійною науковою працею, у якій на підставі виконаних автором досліджень вирішено проблему, що має важливе соціально-культурне й економічне значення, або розроблено нові теоретичні положення, які можна кваліфікувати як значне досягнення у відповідній галузі науки, або викладено науково обґрунтовані технічні, економічні

чи технологічні рішення, реалізація яких робить помітний внесок у науково-технічний прогрес.

Рішення щодо присудження наукового ступеня затверджуються Департаментом атестації кадрів Міністерства освіти і науки України на підставі клопотання спеціалізованої ради при вищому навчальному або науково-дослідному закладі, прийнятого після публічного захисту відповідної дисертації.

Поруч із науковими ступенями, що є показником наукової кваліфікації, існують ще відповідні їм учені звання – *старший науковий співробітник, доцент, професор*.

Учене звання *професора* присвоюється за клопотанням ради вузу докторам наук, обраним за конкурсом (або переобраним) на посаду завідувача кафедри або професора кафедри після закінчення року за умов успішної роботи на цій посаді, які мають друковані наукові й навчально-методичні праці, опубліковані після захисту дисертації, та не менше 10 років стажу науково-педагогічної роботи, з яких не менше 5 років педагогічної роботи у вузах, включаючи обов'язкове читання курсу лекцій на високому науковому та методичному рівні.

Учене звання професора може бути присвоєне докторам наук, які працюють у науково-дослідному закладі не менше року на посаді завідувача наукового відділу, науково-дослідного сектору, лабораторії, та обрані на ці посади за конкурсом, мають не менше 10 років стажу науково-педагогічної роботи та зарекомендували себе керівниками наукових шкіл і мають учнів, які захистили під їхнім керівництвом дисертації на здобуття вченого ступеня.

Учене звання *доцента* присвоюється докторам і кандидатам наук, обраним за конкурсом на посаду доцента або завідувача кафедри, які успішно пропрацювали на цій посаді не менше року та мають не менше 5 років стажу науково-педагогічної роботи, у тому числі не менше 3 років стажу педагогічної роботи у вузах. Крім того, вони повинні мати друковані наукові та навчально-методичні праці, опубліковані після захисту дисертації.

Учене звання *старшого наукового співробітника* присвоюється докторам і кандидатам наук із стажем наукової роботи не менше трьох років, які працюють у вищих навчальних закладах III-IV рівня акредитації або наукових установах та організаціях, що до них прирівнюються.

Учені звання професора, доцента, старшого наукового співробітника присвоює Міністерство освіти і науки України на підставі рішення вченої (науково-технічної) ради вищого навчального закладу або наукової установи, яке приймається таємним голосуванням.

Посади професора та доцента потрібно відрізняти від подібних за називанням вчених звань. Працівник може заміщати одну з цих посад, маючи невідповідне їй вчене звання або не маючи жодного вченого звання.

Крім вищезазначених учених ступенів і вчених звань, існують вищі академічні звання – академік і член-кореспондент Національної академії наук України, які присвоюються шляхом обрання до складу дійсних її членів і членів-кореспондентів. На присвоєння звання академіка можуть претендувати вчені, які збагатили науку працями першочергового наукового значення. Членами-кореспондентами Національної академії наук України обираються вчені, які збагатили науку видатними науковими працями.

1.6. Науково-дослідна діяльність студентів та її форми

Відповідно до Закону України «Про вищу освіту» «...наукова і науково-технічна діяльність у вищих навчальних закладах є невід'ємною складовою освітньої діяльності і здійснюється з метою інтеграції наукової, навчальної і виробничої діяльності в системі вищої освіти». Згідно із Законом студент не повинен займатися науково-дослідною діяльністю в обов'язковому порядку: «...до виконання наукових і науково-технічних робіт у вищому навчальному закладі *можуть* залучатися... особи, які навчаються у вищому навчальному закладі». Але на сьогодні в навчальні плани багатьох дисциплін включено види робіт, що базуються на наукових дослідженнях – реферати, курсові та дипломні роботи. Тобто науково-дослідна діяльність студентів органічно пов'язана з навчальним процесом та є його продовженням. Зміст і структура науково-дослідної діяльності студентів забезпечує послідовність її засобів і форм відповідно до логіки та послідовності навчального процесу, що зумовлює спадкоємність її методів і форм від курсу до курсу, від кафедри до кафедри, від однієї дисципліни до іншої, від одних видів занять до інших, поступове зростання обсягу і складності набутих студентами знань, умінь, навичок у процесі виконання ними наукової роботи.

На молодших курсах студенти ознайомлюються з науковими напрямами роботи кафедр, пишуть реферати, виступають із доповідями та повідомленнями на семінарських і практичних заняттях, беруть участь у роботі наукових студентських гуртків, конференцій. Ці перші етапи набуття наукового досвіду передбачають ознайомлення майбутніх фахівців з окремими прийомами, методами, видами наукового дослідження, основними поняттями наукового апарату,

правилами підбору потрібної інформації та підготовки доповідей, рефератів тощо.

Якісно новим етапом у творчій підготовці є III-V курси, де студенти виконують систему завдань науково-дослідницького характеру. Завдання мають різну спрямованість. Їх виконання дозволяє студенту підійти до свідомого вибору теми майбутньої дипломної та магістерської роботи, яку кафедра має розглянути й затвердити. На V курсі завершується підготовка майбутніх фахівців. Студенти виконують і захищають кваліфікаційні роботи, які є підсумком їх науково-дослідної роботи в навчальному закладі. Нерідко наукові проблеми, що досліджуються студентами в рамках кваліфікаційних робіт, стають пріоритетним напрямом їх подальшого наукового та професійного зростання.

Мета науково-дослідної діяльності студентів (НДДС) – розвиток та використання творчого потенціалу студентів для вирішення проблеми підвищення ефективної діяльності підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства. НДДС сприяє збільшенню обсягу та поглибленню теоретичних знань студентів (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Завдання науково-дослідної діяльності студентів

Для НДДС вищих навчальних закладів характерним є єдність цілей і напрямів навчальної, наукової і виховної роботи, тісна взаємодія всіх форм і методів наукової роботи студентів, що реалізуються в навчальному процесі та в позанавчальний час. Це забезпечує їхню участь у науковій діяльності протягом усього періоду навчання, тісно пов'язану як із науково-дослідницькою діяльністю, що проводиться підрозділами ВНЗ, так і з громадською діяльністю.

Науково-дослідна діяльність студентів містить у собі два взаємопов'язаних елементи: навчання студентів елементам

дослідницької праці, прищеплювання їм навичок цієї праці; безпосередньо наукові дослідження, що проводяться під керівництвом наукового керівника.

Форми й методи залучення студентів до наукової творчості умовно підрозділяються на два типи – безпосередньо науково-дослідна робота (НДРС) та навчально-дослідна робота (НВДРС) (рис. 1.12).

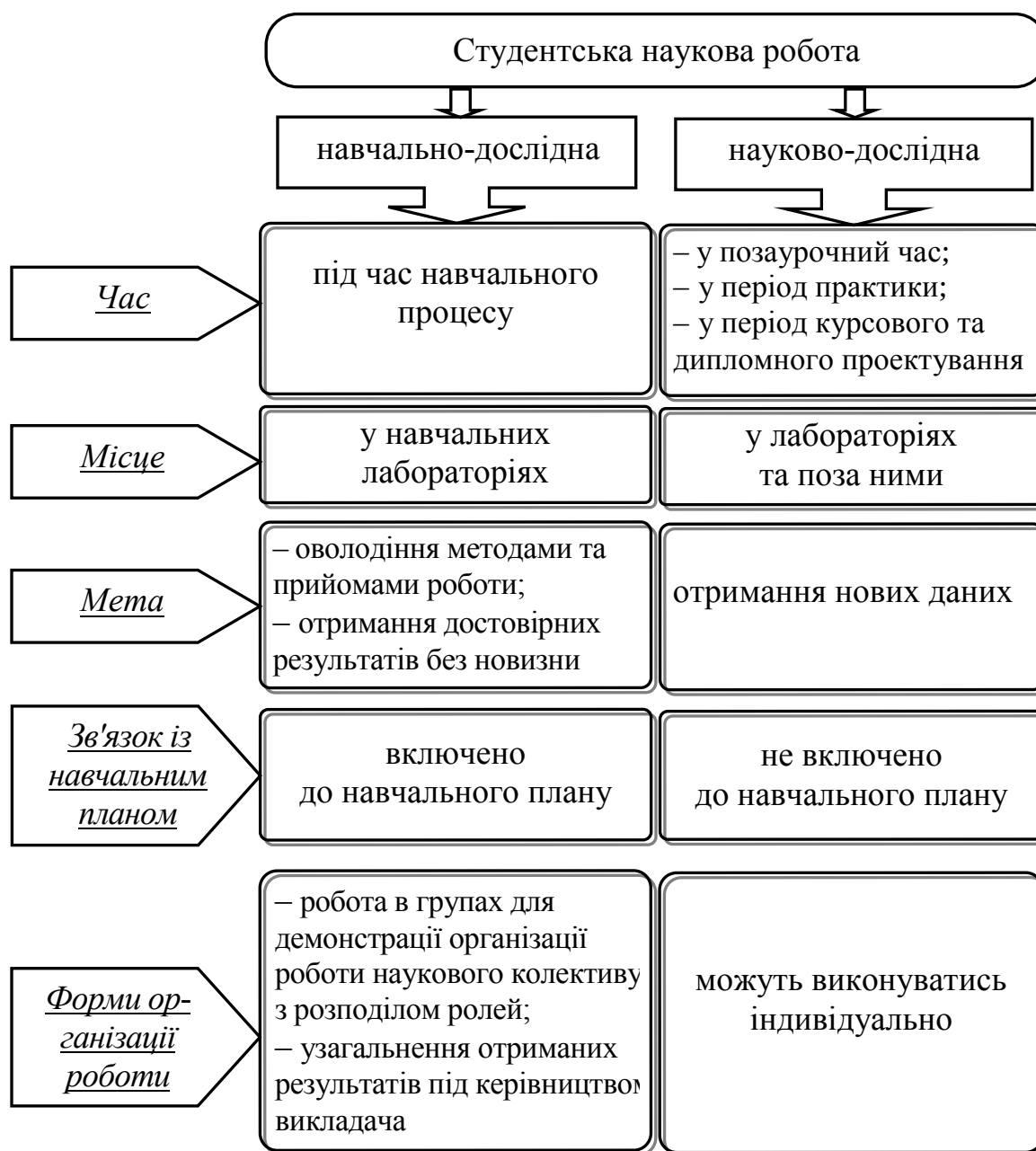


Рисунок 1.12 – Форми наукової роботи студентів у ВНЗ

Виконання НВДРС здійснюється у відведений розкладом занять навчальний час за спеціальним завданням в обов'язковому порядку

кожним студентом під керівництвом викладача – наукового керівника. Під час НВДРС студенти набувають навичок самостійної теоретичної й експериментальної роботи, ознайомлюються з реальними умовами праці в лабораторії, вчаться користуватися приладами й устаткуванням, самостійно проводити експерименти, застосовувати свої знання під час вирішення конкретних наукових завдань.

Тема роботи й обсяг завдання визначається індивідуально згідно з тематикою досліджень, яка розробляється кафедрою. По завершенні НВДРС студенти викладають результати своєї наукової діяльності у вигляді звіту.

Важливою формою НВДРС студентів є впровадження елементів творчості в навчальний процес. Під час виконання таких робіт студент самостійно складає план досліджень, підбирає необхідну літературу, робить математичну обробку й аналіз результатів експерименту, оформляє науковий звіт.

Науково-дослідна робота є одним із найважливіших засобів формування висококваліфікованих фахівців. Вона передбачає певні напрями наукової діяльності (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Основні види науково-дослідної роботи студентів

Науково-дослідна робота проводиться студентами в позаурочний час або під час практики, або під час курсового та дипломного проектування. НДРС студентів у *період виробничої практики* пов'язується з виконанням на виробництві конкретних завдань із тематики науково-дослідних робіт, що виконуються

кафедрою, або з виконанням завдань удосконалення технологічних процесів, устаткування, а також збором фактичного матеріалу, його обробкою з метою використання під час курсового й дипломного проектування.

НДРС у рамках курсових і дипломних проектів і робіт пов'язана з написанням спеціальних розділів з елементами наукового пошуку, в основному під час виконання реальних завдань, у вирішенні яких зацікавлене те або інше підприємство або за держбюджетними та госпдоговірними тематиками кафедри.

При цьому студентам доручається розробка певного науково-технічного завдання, що впливає з теми, яка виконується. Така робота проводиться студентами в науковому гуртку, науковим керівником якого є викладач кафедри. Науковий керівник керує дослідницькою роботою студентів, забезпечує підготовку ними наукових доповідей і повідомлень, організовує їхнє заслуховування й обговорення на засіданні гуртка, забезпечує участь кращих студентських робіт у конкурсах і конференціях, залучає до роботи зі студентами інших викладачів кафедри, організовує зустрічі членів гуртка з практичними працівниками.

Ефективною формою НДРС є створення під керівництвом співробітників кафедри проблемно-дослідницьких груп (3-5 студентів). Робота таких груп ведеться в одному напрямі, що дає можливість об'єднаними зусиллями за короткий термін ефективніше виконати трудові містки дослідження.

Студенти, які досягли значних успіхів у науково-дослідницькій діяльності, можуть працювати за індивідуальним графіком виконання навчального плану в межах установленого терміну навчання. Студенти-науківці, випускники вищого навчального закладу за рішенням державної екзаменаційної комісії можуть бути рекомендовані до вступу в аспірантуру, на викладацьку роботу.

Чітка організація науково-дослідницької діяльності в навчальному процесі сприяє поглибленому засвоєнню студентами спеціальних навчальних дисциплін, дозволяє найповніше виявити свою індивідуальність, сформулювати власну думку щодо кожної дисципліни.

Організаційна структура науково-дослідницької діяльності у вищому навчальному закладі може бути представлена в такому вигляді (рис. 1.14):

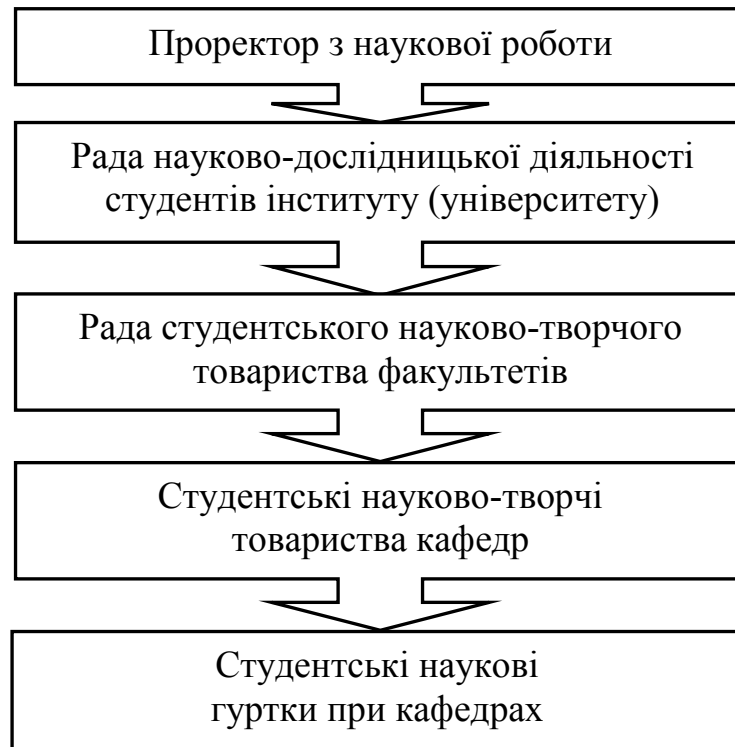


Рисунок 1.14 – Організаційна структура науково-дослідницької діяльності студентів у вищому навчальному закладі

Наукове керівництво студентським науково-творчим товариством та студентськими науковими гуртками здійснюється науковими керівниками, викладачами кафедр.

Дослідна діяльність у період навчання сприяє розвитку здатності студентів до творчого науково-технічного мислення, що дозволяє їм у майбутньому, спираючись на сучасний рівень знань із природничих та суспільних наук, набувати нові наукові знання та впроваджувати їх у практику з високою ефективністю.

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте поняття «наука», «науковедення».
2. Які виділяють етапи розвитку науки?
3. Як Ви розумієте мету та завдання науки?
4. У чому полягають основні функції науки?
5. Дайте класифікацію наук за різними ознаками.
6. Назвіть основні структурні елементи науки, дайте їх характеристику.
7. Охарактеризуйте поняття «судження» та «умовивід» як форми розумової діяльності.
8. Назвіть основні рівні методів наукового пізнання.

9. Охарактеризуйте методи, які застосовуються на емпіричному рівні досліджень.
10. Розкрийте сутність методів теоретичного рівня досліджень.
11. У чому полягає сутність понять «аналіз», «індукція» та «аналогія»?
12. Які методи застосовують на метатеоретичному рівні досліджень?
13. Яким чином здійснюється організація науки в Україні?
14. Назвіть функції Національної академії наук України та охарактеризуйте її структурні підрозділи.
15. Які основні форми підготовки наукових кадрів в Україні Ви знаєте?
16. Як Ви розумієте поняття «учений ступінь», «вчене звання»?
17. Що Ви розумієте під науково-дослідною діяльністю студентів?
18. Охарактеризуйте мету та завдання науково-дослідної діяльності студентів.
19. Назвіть основні форми науково-дослідної діяльності студентів. У чому їх відмінність?
20. Охарактеризуйте організаційну структуру науково-дослідницької діяльності студентів у вищому навчальному закладі.

РОЗДІЛ 2

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ РОБІТ

2.1. Поняття про проблему, науковий напрям та тему наукового дослідження

Людством накопичена величезна кількість інформації, яка є основою технічного прогресу. Проте часто буває, що на питання або низку питань, які ставляться виробництвом, може й не бути відповіді з об'єктивних причин. Вони полягають у відсутності людських знань, необхідних для вирішення тих або інших завдань. У цьому випадку виникає *проблема* (від грец. *problema* – складність, перешкода). Проблема є формою вираження необхідного розвитку наукового пізнання. Виникнення та вирішення проблем є природним процесом, який пов'язаний із необхідністю постійного отримання нових знань, що потрібні для вирішення конкретних питань матеріального виробництва. Тобто проблеми виникають не самі по собі, а як наслідок практики й результат нагальної потреби, і зумовлюються певними умовами розвитку техніки й рівня знань.

Під *науковою проблемою* розуміють сукупність складних завдань, у яких сформульовані основні теоретичні та практичні питання, що потребують вивчення, дослідження та вирішення. Проблема завжди виникає тоді, коли старе знання вже виявило свою неспроможність, а нове ще не набуло розвиненої форми. Загалом проблема є відображенням протиріччя між знанням і незнанням, яке виникає під час розвитку суспільства. Для точної оцінки такого протиріччя потрібні глибокі знання щодо новітніх досягнень науки та історії її розвитку. Тому вирішення проблем, що виникають, потребує участі в дослідженнях великої кількості вчених або навіть декількох колективів науковців різних спеціальностей. Це дає можливість проведення досліджень за різними науковими напрямами, що забезпечує всебічне вивчення тієї чи іншої проблеми.

Постановка проблеми передбачає організацію дослідження, кінцевою метою якого є розробка нової закономірності, необхідної для побудови методик вирішення певних завдань. Правильна постановка та чітке формулювання нових проблем часом має не менше значення, ніж їх вирішення. По суті, саме вибір проблеми, якщо не цілком, то великою мірою, визначає як стратегію дослідження взагалі, так і напрям наукового пошуку зокрема. Не випадково вважається, що сформулювати наукову проблему – означає показати вміння відокремити головне від другорядного, виявити те, що вже відомо і що досі невідомо науці з предмета дослідження.

Здатність поставити проблему є головною характеристикою творчого мислення.

Залежно від масштабності всі наукові проблеми підрозділяють на п'ять основних типів (рис. 2.1). У харчовій промисловості є як загальні, так і галузеві – специфічні – проблеми.

До загальних відносять: створення прогресивних, безвідходних технологій, підвищення якості продукції, розробка засобів автоматизації, розробка нових методів дослідження та ін.

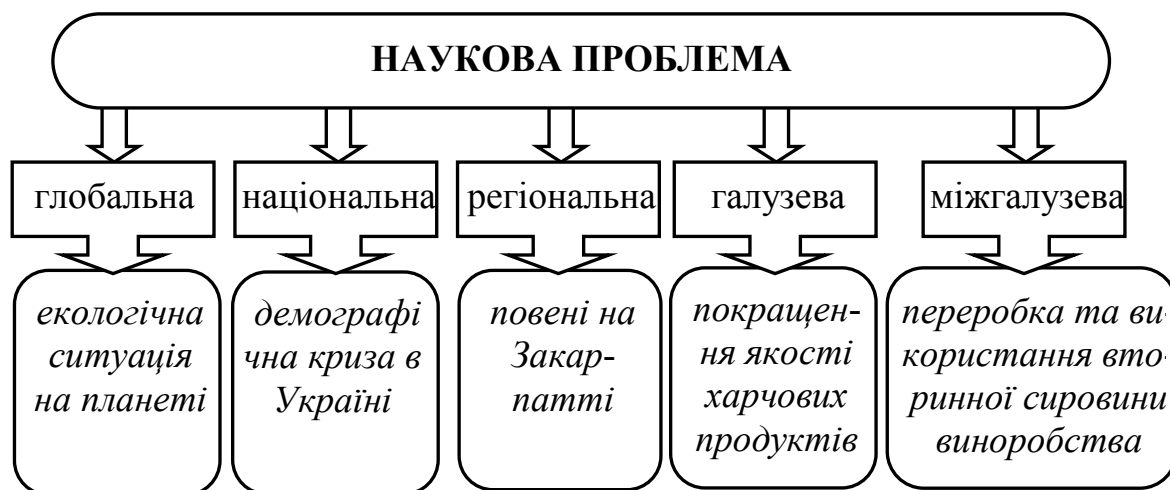


Рисунок 2.1 – Основні типи наукових проблем

Існують проблеми, які є специфічними для окремих галузей харчової промисловості. Наприклад, для солодовинного виробництва проблемою є інтенсифікація технології ячмінного та житнього квасного солоду та ін.

Перелік основних проблем, що виникають у харчових технологіях:

1. Створення високоефективного технологічного обладнання, яке на основі використання прогресивної технології значно підвищує продуктивність праці, скорочує негативну дію на навколишнє середовище та сприяє економії вихідної сировини.

2. Удосконалення існуючих та розробка нових способів та засобів вимірювань, контролю та управління технологічними процесами, а також методів оцінки та розрахунку технологічних процесів та апаратів.

3. Розробка найдодільніших способів та засобів дії на сировину та напівфабрикати, які переробляються. Забезпечення найбільш економного використання енергії, обладнання та виробничих площ.

4. Пошук нових та найкраще використання існуючих видів сировини, напівфабрикатів, добавок для одержання харчових продуктів заданої якості.

5. Вибір оптимальних форм організації виробництва й праці.

6. Покращення якості продукції та оновлення асортименту.

Для вирішення основних науково-технічних проблем розробляються координаційні плани, які мають виконуватись науковими закладами країни.

Основними структурними елементами наукової проблеми є *науковий напрям, наукове дослідження, тема наукового дослідження*.

Під *науковим напрямом* розуміють науку або комплекс наук, у галузі яких ведуться дослідження. Зважаючи на це, розрізняють: технічний, біологічний, історичний та інші напрями з можливою наступною деталізацією.

Базою ж *наукового напрямку* є спеціальна наука, яка входить у будь-яку наукову галузь.

Науковий напрям є стратегією для досягнення мети, що поставлена теорією, а тактикою наукового напрямку є методика дослідження, тобто план підготовки та проведення досліджень із певним сполученням технічних пристроїв, методів, засобів спостережень та комплексу прийомів математичної обробки результатів спостережень. Дослідження в різних наукових напрямках проводяться колективами вчених різних спеціальностей, що забезпечує всебічне вивчення тієї чи іншої проблеми.

Науковим дослідженням називається процес вироблення наукових знань як один із видів пізнавальної діяльності. Наукове дослідження є формою здійснення та розвитку науки. Під цим поняттям також розуміють вивчення явищ і процесів за допомогою наукових методів, аналіз впливу на них різних чинників, а також вивчення взаємодії між явищами з метою отримання переконливо доведених і корисних для науки й практики рішень із максимальним ефектом.

Мета наукового дослідження – всебічне достовірне вивчення об'єкта, процесу або явища; їх структури, зв'язків, відносин на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також одержання та впровадження у виробництво, практику корисних для людини результатів. Наукове дослідження повинно розглядатися в безперервному розвитку, базуватися на зв'язку теорії з практикою. Результати наукових досліджень оцінюють тим вище, чим вища науковість зроблених висновків і узагальнень, чим вони достовірніші й ефективніші. Вони повинні створювати основу для нових наукових розробок.

Однією з найважливіших вимог, що висуваються до наукового дослідження, є наукове узагальнення, яке дозволить установити

залежність і зв'язок між досліджуваними явищами й процесами та зробити наукові висновки. Чим глибші висновки, тим вищий науковий рівень дослідження.

Тема наукового дослідження є складовою проблеми, що розглядає окреме її питання. Узагальнення результатів за комплексом тем може дати вирішення наукової проблеми.

Також існує поняття *наукових питань* – це дрібні наукові завдання, що відносяться до конкретної теми наукового дослідження.

2.2. Класифікація науково-дослідних робіт

Науково-дослідні роботи (НДР) класифікують за різними ознаками та видами (рис. 2.2).

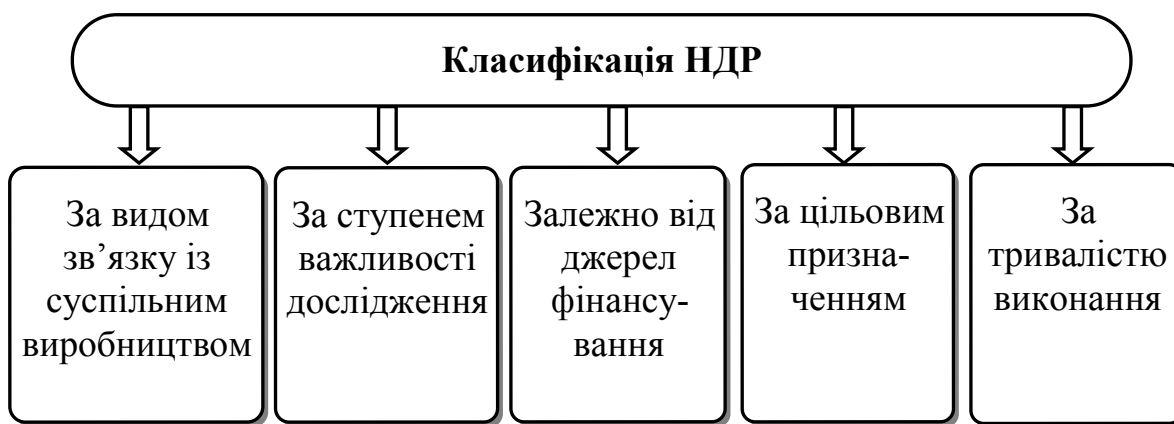


Рисунок 2.2 – Класифікація науково-дослідних робіт

За видом зв'язку із суспільним виробництвом НДР поділяють на роботи, що спрямовані на:

- підвищення ефективності виробництва (створення нових машин, процесів, конструкцій);
- поліпшення виробничих відносин (підвищення рівня організації виробництва без створення нових засобів праці);
- удосконалення суспільних відносин та підвищення рівня духовного життя людей (теоретичні роботи в галузі суспільних, гуманітарних та інших наук).

За ступенем важливості дослідження для народного господарства НДР класифікують на ті, що виконуються:

- за завданням міністерств та відомств;
- за планом (ініціативою) науково-дослідних організацій.

Залежно від джерел фінансування НДР поділяються на:

- держбюджетні (фінансуються з коштів державного бюджету);
- госпдоговірні (фінансуються за договорами з організаціями-замовниками).

За цільовим призначенням НДР класифікуються на:

– *теоретичні дослідження*, що спрямовані на створення нових принципів. Це фундаментальні дослідження, що дозволяють більш глибоко зрозуміти закони природи;

– *прикладні дослідження*, спрямовані на створення нових методів, на основі яких розробляють нове обладнання, машини, матеріали, способи виробництва та організації робіт. Вони повинні задовольняти потребу суспільства в розвитку конкретної галузі виробництва;

– *науково-дослідницькі розробки*, метою яких є перетворення теоретичних та прикладних досліджень у технічне застосування. Цей вид НДР не потребує отримання нових результатів, головна їх мета – підготувати матеріал для впровадження. Науково-дослідницькі розробки є перевіркою правильності результатів проведених фундаментальних та прикладних досліджень, тому лише вони безпосередньо впливають на прискорення науково-технічного прогресу. Науково-дослідницькі розробки спрямовані на створення принципово нової техніки, матеріалів, технологічних процесів та удосконалення вже існуючої техніки, поліпшення технологічних процесів.

За тривалістю виконання НДР поділяють на:

- довгострокові (розробляються впродовж декількох років);
- короткострокові (виконуються впродовж одного року та менше).

2.3. Організація та проведення науково-дослідних робіт

Як зазначено вище, за цільовим призначенням НДР класифікуються на теоретичні та прикладні дослідження й науково-дослідницькі розробки. Процес виконання теоретичних та прикладних НДР включає шість основних етапів (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Стадії виконання теоретичних та прикладних науково-дослідних робіт

Виконання науково-дослідницьких розробок здійснюється в п'ять етапів (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Стадії виконання науково-дослідницьких розробок

Стадії виконання теоретичних та прикладних науково-дослідних робіт та науково-дослідницьких розробок мають багато спільного. Більш узагальненою є схема проведення науково-дослідних робіт.

На I етапі науково-дослідної роботи проводиться вибір та конкретизація теми. Обґрунтування вибору теми здійснюється на основі вивчення та обробки науково-технічної інформації за конкретним питанням. Правильний вибір теми роботи наполовину забезпечує успішність її виконання. Темі курсових і випускних кваліфікаційних робіт студентів визначаються кафедрами. Тематика повинна відповідати програмам курсів навчальних дисциплін і навчальним планам. Під час її складання доцільно враховувати наукові напрями, що розвиваються на кафедрах, і можливість забезпечення студентів кваліфікованим науковим керівництвом. Для студентів слід ураховувати відповідність науково-дослідницької роботи профілю навчання.

Під час вибору теми необхідно керуватися певними критеріями (рис. 2.5).

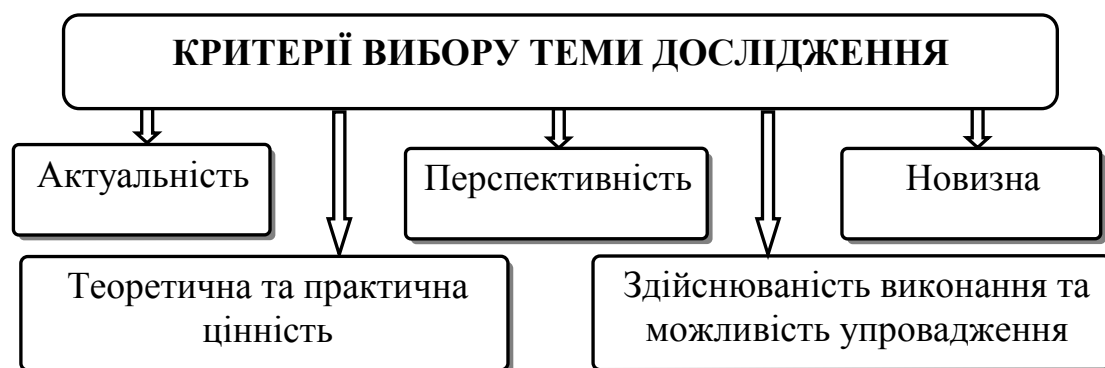


Рисунок 2.5 – Критерії вибору теми дослідження

Актуальність (лат. *actualis* – дієвість, важливість, своєчасність) теми дослідження – це ступінь її важливості в цей момент і в даній ситуації для вирішення даної проблеми, питання або завдання.

Можна назвати два основні напрями характеристики актуальності теми дослідження. Перший напрям пов'язаний із невивченістю обраної теми. У цьому випадку дослідження є актуальним саме тому, що певні аспекти теми вивчені не повною мірою й проведене дослідження спрямоване на подолання цієї прогалини. Другий напрям характеристики актуальності пов'язаний із можливістю вирішення певного практичного завдання на основі отриманих під час досліджень даних. Один із цих напрямів або обидва зазвичай фігурують під час характеристики цього елемента понятійного апарату наукового дослідження.

Для визначення *перспективності* тем прикладного значення застосовують математичний метод та метод експертних оцінок.

Формула визначення показника перспективності теми досліджень:

$$K_e = \frac{E_o}{B_o} (1 - P_p),$$

де E_o – очікуваний економічний ефект;

B_o – витрати на НДР;

P_p – вірогідність ризику (на підставі наукового прогнозування).

Чим вище K_e , тим перспективніша тема.

Метод експертних оцінок полягає в оцінці теми експертами на підставі шкали бальних оцінок. Тобто вивчається думка фахівців, що мають глибокі знання й практичний досвід у певній галузі. Як експерти відбираються наукові та практичні працівники (не більш 20-30 осіб). Для визначення їх компетентності застосовуються наступні способи:

- 1) евристичний (інтуїтивні оцінки, що даються самими експертами один одному);
- 2) статистичний (оцінки, отримані шляхом аналізу суджень експертів із досліджуваного питання);
- 3) тестовий (оцінки, отримані шляхом тестових випробувань експертів);
- 4) документальний (оцінки, отримані шляхом вивчення матеріалів, що характеризують експертів);
- 5) комбінований (оцінки, отримані за допомогою декількох із перерахованих способів).

Опитування експертів може бути індивідуальним або груповим, очним або заочним. Індивідуальне опитування проводиться шляхом анкетування або інтерв'ювання. Групове опитування можливе у формі «круглого столу», у ході якого відбувається обмін думками між фахівцями.

Перевагу віддають темі з найбільшим балом.

Наукова новизна теми – це ознака, наявність якої дає авторові право на використання поняття «уперше». Це означає, що тема в такій постановці ніколи не розроблялася і не розробляється на сьогодні. Актуальність, перспективність та новизна теми, її теоретична та практична цінність визначаються на основі вивченої та обробленої науково-технічної інформації.

Теоретична та практична цінність характеризується технічною доцільністю та можливою економічною ефективністю розробки за вказаним напрямом.

Здійснюваність виконання теми оцінюється за можливістю її виконання користуючись матеріальною базою закладу, де вона виконується, враховуючи можливості залучення матеріальних баз інших установ.

Можливість упровадження визначається для прикладних досліджень. Під час оцінки можливості впровадження встановлюється напрям застосування результатів наукового дослідження в практичній діяльності.

На I етапі дослідник складає короткий загальний план роботи, визначає її спрямованість, попередньо визначається з об'єктами досліджень. Попередній робочий план лише узагальнено дає характеристику предмета дослідження, надалі такий план може і повинен уточнюватися, проте основне завдання, яке стоїть перед роботою загалом, повинно змінюватися якомога менше.

Робочий план має довільну форму. Зазвичай це план-рубрикатор, що складається з переліку розташованих у колонку рубрик, об'єднаних внутрішньою логікою дослідження даної теми. Такий план дає змогу ескізно представити досліджувану проблему в різних варіантах.

На II етапі науково-дослідної роботи здійснюється оброблення та аналіз інформації та формулювання мети й завдань наукового дослідження.

Кожне наукове дослідження після вибору теми починають із ретельного вивчення науково-технічної інформації, користуючись складеним раніше робочим планом. Це дає змогу більш цілеспрямовано шукати літературні джерела за обраною темою та краще опрацювати матеріал, опублікований у працях інших учених. Мета пошуку, переробки та аналізу інформації – всебічне висвітлення стану питання за темою.

Залежно від наукової значимості теми та галузі досліджень обсяг джерел літератури, яка вивчається, може сягати 100-200 найменувань та більше.

Аналіз отриманої інформації – одне з найважливіших завдань дослідника. Усю інформацію необхідно класифікувати та систематизувати. Джерела літератури можна систематизувати в хронологічному порядку або за тематикою питань, що аналізуються. У першому випадку в історії розробки даної теми виділяють наукові етапи, які характеризуються найвищими досягненнями. У разі тематичного варіанта аналізу матеріали систематизують за питаннями теми, що розробляється.

Одержана інформація має бути піддана критичному аналізу. Для цього необхідно мати певну ерудицію, рівень знань. За такого аналізу зіставляють різні ідеї, факти, теорії.

У процесі активного аналізу виникають власні міркування, думки, визначаються актуальні питання, які підлягають дослідженню в першу чергу.

Є випадки, коли в процесі аналітичного огляду науковий робітник лише перераховує авторів та наводить анотації їх праць, не висловлюючи при цьому своєї думки. Такий пасивний, формальний огляд інформації зовсім недопустимий.

За результатами аналізу інформації на цьому етапі роблять методологічні висновки, у яких мають бути розкриті останні досягнення в галузі теоретичних та експериментальних досліджень за темою, а також у виробництві на даний момент та важливі завдання наукового пошуку в галузі науки і техніки, яка розглядається.

На підставі методологічних висновків формують мету та конкретні завдання, які мають бути вирішені відповідно до даної мети. Це зазвичай робиться у формі перерахування (вивчити..., описати..., встановити..., з'ясувати..., вивести формулу... та ін.). Як правило, кількість завдань, що підлягають дослідженню за темою одним дослідником, коливається від 3 до 5-8.

Наступним кроком цього етапу є формулювання об'єкта та предмета дослідження. *Об'єкт* – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію та обране для вивчення. *Предмет* – це категорія, яка міститься в межах об'єкта. Об'єкт і предмет дослідження співвідносяться між собою як загальне та часткове. В об'єкті виділяється та його частина, яка є предметом дослідження. Саме на нього і спрямована основна увага дослідника, предмет дослідження конкретизує тему роботи.

Науково-дослідна робота на **III етапі** полягає в проведенні теоретичних досліджень.

Це дуже важливий творчий етап досліджень. Під творчістю розуміють створення нових цінностей, відкриттів, винаходів, установлення невідомих науці фактів, створення нової важливої для людини інформації.

Власні творчі думки, оригінальні рішення виникають частіше, коли більше сили, праці, часу витрачається на постійне осмислення об'єкта дослідження, чим глибше науковий робітник приваблений дослідницькою працею.

У прикладних науках основним методом теоретичних досліджень є гіпотетичний. Його методологія містить:

- вивчення сутності явища, яке досліджується;
- формулювання гіпотези та складання моделі дослідження та її вивчення;
- аналіз теоретичних досліджень та розробка теоретичних положень.

Вивчення та опис сутності досліджуваного явища (або процесу) складають основу теоретичних розробок. Такий опис має всебічно

висвітлювати сутність процесу та базуватися на законах фізики, хімії, механіки, фізичної хімії та ін. Для цього дослідник має знати класичні закони природних наук та вміти їх використовувати стосовно робочої *гіпотези* наукового дослідження.

У перекладі із грецького слово «*гіпотеза*» означає припущення. У сучасному розумінні гіпотеза – це науково обґрунтоване припущення або стосовно факту, що перебуває за межами безпосереднього спостереження, або стосовно закономірного зв'язку, закономірного порядку явищ. Гіпотеза значною мірою залежить від знань дослідника.

Прикладом гіпотез стосовно закономірного порядку можуть бути гіпотези про мікро- та макросвіт. Висунута на початку XX століття наукова гіпотеза про нескінченність матерії знайшла підтвердження у відкритті елементарних і субелементарних часток, що дозволило винести судження щодо єдності в будові матерії, тому що в основі цієї єдності лежить матеріальність усіх елементарних часток.

Відмінність гіпотези від безлічі можливих пояснень явища полягає в тому, що гіпотеза є найбільш імовірним із них. Не всі пояснення є гіпотезами. Випадкові й не самі ймовірні з пояснень називаються *здогадами*. Здогади не мають ніяких переваг перед якими-небудь іншими поясненнями. Зовсім необґрунтовані й неймовірні пояснення фактів, явищ або закономірностей називаються *домислами*.

Здогади можна використовувати за умови, що вони не можуть бути основою для логічних припущень у вивченні явищ, а повинні вказувати лише на шляхи нових, більш достовірних пошуків. Домисли зовсім неприпустимі в науковому процесі – вони відволікають увагу від вирішення поставленого завдання, ведуть дослідження у помилковому напрямі.

Гіпотези цілком необхідні в науковому дослідженні, тому що без них неможливо передбачити події або створити нові теорії. Усяка гіпотеза повинна спиратися на суму реальних і логічних доказів, містити в собі критику всіх можливих здогадів і перелік фактів, які вона пояснює. Чим більше гіпотеза підтверджується фактами логічних побудов, тим вона достовірніша.

Гіпотеза являє собою результат боротьби двох протилежних особливостей людського мислення: інерції та інтуїції.

Інерція мислення прагне зберегти існуючі уявлення щодо зовнішнього світу, існуючі теорії, пристосувати їх до вирішення нових завдань. Вона є бар'єром під час проникнення неправильних уявлень у світогляд і забезпечення сумлінності досліджень. Але інерційність мислення не може бути основою для об'єктивності в оцінці нового.

Інтуїція – відчуття нового в явищі без достатніх для того суворих логічних побудов і підстав, достатньої кількості спостережень і фактів.

Прикладом відкриттів, побудованих на інтуїції, служить умовивід, отриманий дві тисячі п'ятсот років тому Піфагором і його учнями щодо кулеподібності форми Землі.

Робоча гіпотеза – це спрямовуюча наукова ідея, яка потребує подальшої перевірки. Після перевірки гіпотеза перетворюється або в достовірну теорію, або в достовірне знання певного факту. Гіпотеза є головним методологічним інструментом, який організовує процес дослідження та визначає його логіку.

Завдання гіпотези – розкрити ті об'єктивні зв'язки та співвідношення, які є визначними для явища, що вивчається. Необхідно, щоб робоча гіпотеза задовольняла такі вимоги: вона має бути такою, щоб її можна було перевірити; мати певну передбачуваність; спільність для явищ одного класу та володіти логічним непротириччям.

За своєю природою гіпотеза має бути динамічною. У процесі дослідження її необхідно безперервно уточнювати, доповнювати, удосконалювати. Під час проведення дослідження не виключається поява неймовірних гіпотез. Зрештою, вони є показником творчого процесу та шляхів, за якими надалі не слід рухатися. Відмова від гіпотези, що виявилася неправильною, також є суттєвим кроком уперед у пошуку істини.

Чітко й досить повно розроблена гіпотеза суттєво полегшує подальшу роботу, тому що дозволяє закласти в методики теоретичних і експериментальних досліджень цілком конкретні параметри, які характеризують досліджуване явище або об'єкт. Крім того, правильно здійснена аналітична розробка гіпотези, тобто її математичне вираження, допоможе більш повно й правильно окреслити основні риси й деталі наступного експерименту.

Широку інформацію про досліджуваний процес (явище) намагаються «згустити» в деяке абстрактне поняття – *модель*.

Під *моделлю* розуміють штучну систему, яка відображає основні властивості вивченого об'єкта – оригіналу. Модель може замінити його під час дослідження.

Метод моделювання – вивчення явищ за допомогою моделей – один з основних у сучасних дослідженнях. Стандартних рекомендацій із вибору та побудови моделей не існує. Для побудови найкращої моделі необхідно мати глибокі та всебічні знання не лише з теми та сумісних із нею наук, але й добре знати практичні аспекти досліджуваного завдання. Головне, щоб модель була адекватна процесу (об'єкту), тобто описувала закономірність вивченого явища з потрібною точністю. В окремих випадках модель досліджуваного явища може бути обмежена лише описом його сутності.

На IV етапі науково-дослідної роботи проводяться експериментальні дослідження.

Перший крок виконання експерименту полягає у визначенні його мети та завдань (рис. 2.6).

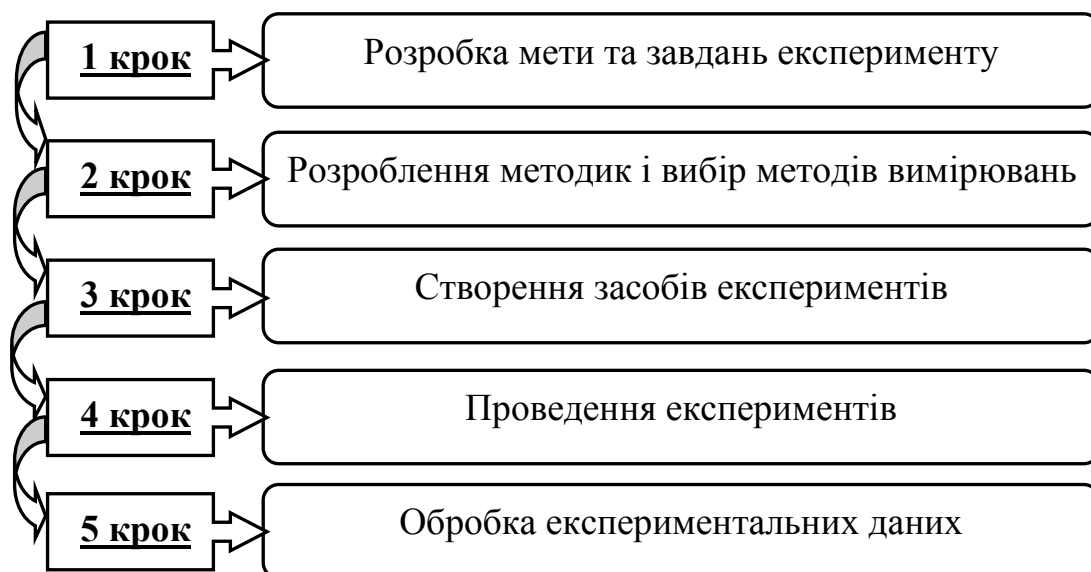


Рисунок 2.6 – Основні кроки організації та проведення експериментальних досліджень

Уся інформація, попередньо одержана та перероблена, дозволяє тією чи іншою мірою зробити висновок про очікувані закономірності процесу, що вивчається, а отже, визначити завдання експерименту. Для контрольного експерименту оптимальною кількістю є 3-4 завдання. У великому комплексному експерименті їх може бути 8-10.

Другий крок – розроблення методики досліджень, тобто сукупності методів та прийомів, за допомогою яких буде вирішене завдання досліджень. У ній детально проектується проведення експерименту.

Методика досліджень передбачає вибір факторів варіювання, тобто характеристик, які впливають на процес; послідовність проведення вимірювань, вибір конкретних методів досліджень та необхідних засобів вимірювання й установок; методів обробки та аналізу дослідних даних, у тому числі і математичних. Під час вибору факторів варіювання необхідно їх ранжувати за ступенем важливості для об'єкта (процесу), що розглядається, та вибрати найсуттєвіші.

Перед виконанням експерименту необхідно ретельно вивчити обрані методи дослідження, які є інструментом отримання фактичного матеріалу та необхідною умовою досягнення поставленої в роботі мети. Потрібно ознайомитись із приладами, навчитись ними користуватись та усувати невеликі несправності. Необхідно також скласти перелік та

визначити кількість необхідних матеріалів, реактивів та провести пробні досліди для освоєння методики та визначення необхідного часу для експерименту.

Під час вибору засобів вимірювання, у першу чергу, слід використовувати стандартно випущені прилади та установки. В окремих випадках експериментатор створює нові (*третій крок*).

Найважливішим кроком (*четвертий крок*) організації та проведення експериментальних досліджень, що потребує найбільших затрат праці, є безпосереднє проведення експерименту.

Можливі три випадки проведення експерименту:

1. Теоретично отримано аналітичну залежність, яка однозначно визначає досліджуваний процес. Наприклад, $Y = 3e^{-2x}$. У цьому випадку обсяг експерименту мінімальний, оскільки функція однозначно визначається експериментальними даними.

2. Теоретично встановлено лише характер залежності. Наприклад, $Y = a \cdot e^{-kx}$, тобто задана родина кривих. Експериментальним шляхом необхідно визначити a та k , при цьому обсяг експерименту зростає.

3. Теоретично не мали змоги отримати будь-яких залежностей. Розроблено лише припущення про якісні закономірності процесу. Виходить, що необхідно провести пошуковий експеримент. Обсяг досліджень різко зростає. У цьому випадку доцільно використовувати метод математичного планування експерименту.

Експериментальні дослідження поділяються на лабораторні та виробничі.

Лабораторні дослідження проводять із застосуванням типових приладів, установок, стендів. Ці дослідження дозволяють із потрібною повторюваністю вивчити вплив різних чинників на процес.

Проте такі дослідження не завжди повністю моделюють реальні процеси, тому виникає потреба в проведенні виробничих експериментів. Їх проводять у реальних умовах виробництва з урахуванням конкретних випадкових чинників.

Також експерименти можуть бути класифіковані наступним чином:

- за галузями наукових досліджень – фізичні, біологічні, хімічні, соціальні та ін.;

- за характером взаємодії засобу дослідження з об'єктом – звичайні (експериментальні засоби безпосередньо взаємодіють із досліджуваним об'єктом) і модельні (модель замінює об'єкт дослідження). Останні діляться на уявні (розумові, уявлювані) і матеріальні (реальні).

Під час проведення експерименту особливе значення має сумлінність. Експериментатор має фіксувати всі характеристики досліджуваного процесу, не допускаючи суб'єктивного впливу на результати вимірювань. У ході проведення експериментальних робіт недопустима неохайність, що призводить до значних похибок, помилок.

Обов'язковою вимогою проведення експерименту є ведення робочого журналу (зошита).

Визначення кожної величини має бути проведено декілька разів.

Під час виконання будь-яких хімічних аналізів краще одразу готувати 3 паралельних досліда, щоб одержати 3 значення величини, що досліджується. Якщо 2 з них однакові або близькі, а третє відрізняється, то слід ураховувати те, де результати співпали. Якщо всі 3 відрізняються, то необхідно з'ясувати причину помилки, а потім знову провести 3 паралельних визначення.

Основною частиною кожного експерименту є *вимірювання*. Від ретельності вимірювань та подальших обчислень залежать результати експерименту. *Процес вимірювання* являє собою знаходження будь-якої фізичної величини за допомогою спеціальних технічних засобів.

Вимірювання можуть бути прямими, непрямими та сумісними.

За *прямих* вимірювань величини, що шукаються, визначаються в результаті безпосереднього обчислення показників вимірювального приладу (наприклад, вимірювання температури).

За *непрямих* вимірювань величини, що шукаються, визначають шляхом прямих вимірювань інших величин, функціонально пов'язаних із ними, тобто величина, що шукається, розраховується за відповідним рівнянням (наприклад, визначення вологості повітря ваговим способом).

За *сумісних* вимірювань дві або декілька величин вимірюються одночасно для знаходження залежності між ними.

Будь-яке вимірювання, як би ретельно воно не проводилось, неминуче супроводжується деякими похибками, які зумовлені недосконалістю методів вимірювання та конструкцій вимірювальних приладів, впливом умов зовнішнього середовища. Тому під час освоєння методів вимірювань необхідно визначати їх відносну помилку та довірчий інтервал (тобто точність та надійність вибраних методів).

Залежно від величини *точності* експерименти поділяють на:

- *технічні* (помилка визначається особливостями засобів вимірювання);

- *високоточні* (помилка не перебільшує заданих значень, використовуються для контрольно-перевірочних вимірювань приладів);

- *особливо точні* (еталонні).

Необхідно турбуватись про простоту та доступність виконання окремих аналізів та роботи в цілому.

Усі методичні рішення, які приймаються, та всі отримані результати необхідно фіксувати в робочому журналі. Записи повинні бути зрозумілими та економними. Усі результати досліджень слід записувати негайно без будь-якої обробки. Правильність запису необхідно перевіряти одразу ж. Усі записи необхідно датувати. Недопустимо записувати результати на папірцях або чернетці – це призводить до витрат часу та можливої появи помилок.

Записи вимірювань бажано виконувати у вигляді робочих таблиць. У такій таблиці значення однієї і тієї ж величини краще за все записувати у вертикальний стовпчик для подальшого зіставлення цифр. У верхній частині цього стовпчика слід писати символ або назву відповідної величини та одиницю вимірювання. Іноді буває зручно спостережені показники розташовувати горизонтально (у рядок). Бажано в таблиці мати графу «Примітка», у якій відображати спостережені в ході експерименту відхилення результатів від загальних закономірностей.

За необхідності проведення обчислень (у непрямих вимірюваннях) у робочі таблиці заносяться безпосередньо величини, які вимірюються, а потім можна скласти в робочому журналі розрахункові таблиці й навести розрахункові формули. Завжди слід пам'ятати, що помилка обчислень – головна причина витрати часу, а ретельна їх перевірка приводить до економії цих витрат.

Важливою складовою частиною методики дослідження є *вибір методів обробки та аналізу експериментальних даних*. На цьому етапі під обробкою експериментальних даних розуміють розрахунки результатів непрямих вимірювань, зведення отриманих даних у таблицю та інше (*п'ятий крок*).

Під час обробки результатів вимірювань та різних обчислень необхідно дотримуватись правил поведінки зі значущими цифрами.

Число, яким виражається результат аналізу, має характеризувати не лише результат, але й відтворюваність методу. Тобто в результаті вимірювань потрібно писати таку кількість значущих цифр, щоб передостання цифра була достовірною, а остання – сумнівною.

Слід твердо пам'ятати, що збереження великої кількості значущих цифр (що перевищує точність визначення) характеризує невміння виконавця поводитись із результатами вимірювань. Під час математичних операцій із величинами з різною точністю необхідно зберігати після коми таку кількість значущих цифр, скільки їх є в числі, що виміряне з найменшою точністю, ураховуючи правила округлення.

Записуючи результат, дослідник має слідкувати за тим, щоб усі числові значення можна було порівняти за порядком величин.

Після обробки результати експерименту для подальшого аналізу подають або у вигляді таблиць, або у вигляді графіків. Із графіків більш наочно, ніж із таблиць, видно залежність між вивченими показниками, більш чітко простежуються точки екстремуму та характер проходження процесу. За такого оформлення результатів дослідження легше порівнювати експериментальні дані з теоретичними залежностями. Проте в низці випадків переважає табличне наведення результатів.

Загальний аналіз одержаних результатів проводиться на **V етапі** науково-дослідної роботи. Здійснюється систематизація усіх цифр, їх класифікація та аналіз. Для наочного швидкого зіставлення та відповідних висновків результати експериментів мають наводитись у вигляді таблиць, графіків, номограм.

Графіки є підставою для встановлення емпіричного співвідношення між двома величинами. Побудову графіків здійснюють або на паперовому носії, або за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel.

Незалежно від способу побудови графіків до них висуваються загальні вимоги:

- експериментальні точки не повинні зливатися одна з одною;
- масштаб має бути обраний правильно – повинен бути простим;
- бажаним є побудова графіка від нижніх меж вимірюваних величин і лише в окремих випадках – від початку координат.

Під час побудови графіків необхідно враховувати, що крізь експериментальні точки потрібно проводити плавну лінію, щоб вона за можливістю проходила за точками та приблизно однакове число точок знаходилося по обидва боки від неї, а не поєднувати їх ламаною лінією. Якщо на графіку одна або декілька точок лежать далеко від кривої, то це свідчить про грубу помилку під час обчислювання або вимірювання. Із графіка видно, за яких умов процесу експериментальні дані співпадають із теоретичною кривою, а де починаються розходження.

За необхідності на графіку вказують помилку результату, одержаного під час експерименту. Її наносять у вигляді відрізка, довжина якого дорівнює подвійній похибці даного вимірювання. Експериментальна точка знаходиться в середині цього відрізка, а він з обох кінців обмежується рисками, які вказують межі похибки. Крива має лежати в межах похибки вимірювань. Назва рисунка, його нумерація та підписані надписи оформляються згідно з діючим ДСТУ.

Особливу увагу необхідно приділяти математичним методам обробки та аналізу дослідних даних – установленню емпіричних

залежностей, апроксимації зв'язків між варіюючими характеристиками, установленню критеріїв та довірчих інтервалів.

На цьому етапі відбувається зіставлення результатів із теоретичними припущеннями, аналізуються розбіжності, за необхідності можуть проводитися додаткові експерименти для уточнення або пояснення вже отриманих результатів.

Заключним етапом дослідження є формулювання висновків, які містять те нове і суттєве, що становить наукові та практичні результати виконаної роботи.

Результати проведеної роботи оформлюються у вигляді наукового твору.

Одержані експериментальні дані, що оброблені методом варіаційної статистики або графоаналітичним методом у вигляді графіків, таблиць та математичних залежностей, ретельно обговорюються. Під час обговорення можливе виявлення недоліків.

VI етап науково-дослідної роботи. На підставі висновків складають практичні рекомендації. Бажано розраховувати економічну ефективність від упровадження результатів дослідження у виробництво, яке передбачається.

Низка досліджень спрямована на покращення якості продукції, у таких випадках це необхідно підтвердити відповідними показниками якості.

Роботи з інтенсифікації технологічних процесів мають містити практичні висновки стосовно збільшення продуктивності обладнання, обсягу випущеної продукції з одиниці обладнання або площі виробничого приміщення, потужності підприємства та зниження собівартості.

Дослідження хімізму або біохімічної суті технологічних процесів і розробка нових методів аналізу не потребує розрахунків економічної ефективності. У такому випадку необхідно показати значимість одержаних результатів із точки зору розвитку наукових досягнень.

2.4. Принципи організації науково-дослідної роботи

Важливим напрямом підвищення ефективності науки є покращення рівня використання наукового потенціалу, яке залежить від організації праці науковців.

Наукова робота як особливий вид пізнавальної діяльності базується на низці організаційних принципів (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Принципи організації наукової роботи

Творчий підхід спрямований на вивчення та узагальнення досягнень у даній галузі знань, їх критичне осмислення, створення нових концепцій, виробництво нових знань і, зокрема, на пізнання об'єктивних законів та тенденцій розвитку явищ, що дозволяють вирішувати нові науково-теоретичні та науково-практичні проблеми.

Наукова творчість є надзвичайно складним видом людської діяльності. Досвід свідчить, що не кожен спеціаліст, навіть висококваліфікований, має хист до виконання наукових досліджень. Ефективність наукової діяльності залежить від моральних, вольових та інших якостей працівника, від його інтелектуального рівня.

Плановість є вихідним організаційним принципом наукової праці. Плановість у науковій роботі втілюється в різноманітних формах: програмах, попередніх та робочих планах дослідження, індивідуальних планах та графіках виконання робіт. Плануються обсяг робіт, строки їх виконання, підготовка експерименту та ін. Плановий підхід до роботи дозволяє уникнути невиправданих витрат часу та засобів, систематизувати думки дослідника.

Динамічність необхідна для оперативного забезпечення координації дій працівників у процесі дослідження. На підставі отриманих результатів у робочі плани та методику виконання робіт уносяться корективи, спрямовані на успішне завершення досліджень у передбачені строки.

Потреба в *колективності* наукової праці викликана зростанням спеціалізації працівників, масштабами та складністю досліджень, розвитком матеріально-технічної бази науки. Незважаючи на те, що безпосередній процес творчості має індивідуальний характер, виникла необхідність об'єднання сил багатьох науковців. Залучення науковців до вирішення тих чи інших проблем передбачає, перш за все, вільну дискусію в досягненні наукової істини, свободу критики, обмін та боротьбу точок зору. Для активізації наукових дискусій використовуються різні методи та прийоми (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Методи активізації наукових дискусій

Самоорганізація праці – це комплекс заходів соціологічного та психофізіологічного характеру, які здійснюються самим науковцем для забезпечення системи та порядку в роботі. Основними елементами самоорганізації праці є організація робочого місця, режим робочого часу, систематичність, послідовність, дисципліна праці, використання засобів механізації та автоматизації допоміжних операцій, самостійність, самопідготовка, самопланування та самонормування, саморегулювання, самооблік, самообмеження, самокритика, самоконтроль.

Робоче місце – це зона трудових дій, оснащена предметами та засобами праці й робочими меблями. Основна вимога до організації робочого місця під час проведення експерименту – воно має забезпечувати максимальну зручність у роботі, повинно бути оснащене всім необхідним відповідно до характеру роботи (обладнанням, інструментами, матеріалами та сировиною, робочим журналом). Варто також враховувати раціональне розташування оснащення, створення зручних умов праці, запобігання шкідливому впливу на людину негативних чинників зовнішнього середовища. На робочому столі не має бути зайвих предметів.

Обладнання (прилади, у тому числі й вимірювальні, установки) має бути в робочому стані. Матеріали та сировина повинні бути наявні в достатній кількості та відповідної якості. У робочому журналі дослідника повинна бути схема експериментальної установки та план проведення експерименту, методика проведення експерименту, а також робочі таблиці для запису результатів. Слід пам'ятати, що до повного завершення експерименту, включаючи й обробку одержаних результатів, не можна розбирати експериментальну установку. Експерименти, які пов'язані з використанням летючих та сильнопахких речовин, необхідно проводити у витяжній шафі.

Робочі меблі повинні бути раціонально розташовані, забезпечувати досяжність, оглядовість, ізолюваність, освітлення, опалення та ін.

Досяжність передбачає таке розташування технічних засобів і робочих матеріалів, яке дозволяє працювати без даремних рухів, що ведуть до втомлення та додаткових витрат часу (використання шаф, полиць, рухомого робочого крісла, раціональне компонування меблів). Обладнання, інструменти, сировина та робочий журнал повинні розміщатись на робочому столі на певних місцях (у кожному конкретному експерименті). Проте слід пам'ятати, що виконання послідовності операцій має здійснюватись справа наліво.

Під *оглядовістю* розуміють таку організацію робочого місця, щоб всі без винятку матеріали в будь-який час було видно. Кожна річ повинна мати постійне місце.

Велике значення для продуктивної наукової праці має *ізолюваність*, тобто відокремлення від інших працівників. Ізолюваність досягається продуманим розміщенням робочих меблів, використанням різних перегородок, ширм, жалюзі тощо.

Важливим чинником самоорганізації дослідника є *раціональний режим робочого часу* (рис. 2.9).

Найбільш плідним для роботи є ранковий пояс (із 8 до 15 год); максимальна працездатність настає в період із 10 до 13 год, із 16 до 19 год та з 20 до 22 год. Ступінь уваги та ефективність запам'ятовування змінюється в сторону зниження та уповільнення до кінця кожного періоду. Тому зранку слід виконувати найбільш складну теоретичну роботу, аналізувати та узагальнювати експериментальні дані. Необхідно припиняти напружену розумову працю не пізніше ніж за 1,5...2 год до сну. Через кожні 1...1,5 год роботи слід робити перерви на 10...15 хв, а після 3...4 год роботи – на 0,5...1 год.

Фізичне навантаження є необхідною умовою активного відпочинку під час розумової праці – гімнастика зранку, ходіння пішки, обов'язкові прогулянки перед сном, фізкультпаузи протягом робочого дня.



Рисунок 2.9 – Напрями раціоналізації робочого часу

Важливим заходом самоорганізації є *систематичність* – дотримання єдиної методики та техніки під час виконання однорідних робіт, використання єдиної термінології, єдність форм і стилю під час викладення однорідного матеріалу, одноманіття прийомів оформлення роботи. Необхідно дотримуватися певних правил систематичної роботи (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Основні правила систематичної роботи

Послідовність науково-дослідної роботи полягає в тому, що перш ніж перейти до дослідження, треба добре вивчити всю теорію та практику питання, розроблену попередниками.

На особливу увагу під час здійснення науково-дослідної роботи заслуговує *самодисципліна*, що має на увазі не лише дотримання трудового режиму та графіка робіт, але й дисципліну думки – зосередження під час роботи, не відволікання, дотримання логічного розвитку ідей.

Із метою прискорення науково-дослідної роботи, підвищення її продуктивності на сьогодні широко застосовують *засоби механізації та автоматизації допоміжних операцій* (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Основні види технічних засобів та пристосувань, які використовуються в науковій роботі

Необхідно зазначити, що все більшу кількість потрібних операцій можна виконати за допомогою комп'ютерної техніки.

Питання для самоперевірки

1. Що Ви розумієте під поняттям «проблема», «наукова проблема»?
2. Що є передумовою виникнення проблеми?
3. Охарактеризуйте основні типи наукових проблем.
4. Які проблеми стоять перед харчовою промисловістю?
5. Охарактеризуйте основні структурні елементи наукової проблеми.

6. Дайте детальну класифікацію науково-дослідних робіт.
7. Які основні стадії виконання теоретичних та прикладних науково-дослідних робіт?
8. Назвіть основні етапи виконання науково-дослідницьких розробок.
9. Якими критеріями повинен керуватися дослідник під час вибору теми наукового дослідження?
10. Яким чином визначається актуальність, наукова новизна та перспективність обраної теми дослідження?
11. Як оцінюється теоретична та практична цінність теми дослідження, здійснюваність її виконання та можливість упровадження?
12. У чому полягає особливість II етапу науково-дослідної роботи?
13. Які основні кроки необхідно здійснити на III етапі науково-дослідної роботи?
14. У чому полягає сутність гіпотетичного методу досліджень?
15. Проаналізуйте сукупність понять «гіпотеза», «здогади», «домисли».
16. Інерція та інтуїція як особливості людського мислення.
17. Які особливості IV етапу науково-дослідної роботи?
18. Дайте класифікацію вимірювань.
19. Яким чином класифікують експерименти за точністю?
20. Яким чином здійснюється загальний аналіз одержаних результатів на V етапі науково-дослідної роботи?
21. Які заходи здійснюються на заключному етапі науково-дослідної роботи?
22. Назвіть основні принципи організації наукової роботи.
23. Які Ви знаєте методи активізації наукових дискусій?
24. Які вимоги ставляться до організації робочого місця під час проведення експерименту?
25. Охарактеризуйте основні напрями раціоналізації робочого часу.
26. Що Ви розумієте під поняттям «систематична робота»?
27. Перелічить основні види технічних засобів та пристосувань, які використовуються в науковій роботі.

РОЗДІЛ 3

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯК ЗАГАЛЬНИЙ МЕТОД НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Поняття системного аналізу. Характеристика систем

Незважаючи на те, що елементи *системного аналізу* відомі з давніх-давен, сама наука є порівняно молодого (порівняна за віком, наприклад, із кібернетикою). Хоча вона й активно розвивається, її визначальні поняття й терміни недостатньо формалізовані. Терміни *теорія систем* і *системний аналіз* використовуються вже більше 25 років, але вони все ще не знайшли загальноприйнятого, стандартного тлумачення. Причина цього факту полягає в динамічності процесів у галузі людської діяльності й у принциповій можливості використовувати системний підхід практично в будь-якому питанні, що вирішується людиною.

Системні ідеї формувалися впродовж становлення людського суспільства й культури. У процесі їх розвитку можна виділити декілька найважливіших етапів.

Перший етап характеризується дуже повільним формуванням системного світогляду. Цей період займає проміжок часу з далекої давнини до початку XIX ст. На даному етапі спостерігається виникнення й розвиток системних ідей, які складалися в практичній і пізнавальній діяльності людей. Епоха зародження основ *системного аналізу* характеризувалася розглядом найчастіше систем фізичного або філософського (гносеологічного) походження. Виникали й оформлялися окремі ідеї й поняття. Нерідко вони являли собою ненавмисні інтуїтивні відкриття тих або інших видатних учених, філософів і мислителів. У давні часи вчені (Аристотель, Демокріт, Платон та ін.) розглядали складні тіла, процеси й міфи світобудови, як складені з різних систем (наприклад, атомів, метафор). Розвиток астрономії (Коперник, Галілей, Ньютон та ін.) дозволив перейти до геліоцентричної системи світу, до категорій типу «річ і властивості», «ціле й частина», «подібність і відмінність» та ін. Далі розвиток системного аналізу відбувається під впливом різних філософських поглядів, теорій про структуру пізнання й можливості проорокування (Бекон, Гегель, Кант та ін.).

Другий етап розгортається з XIX до середини XX століття, коли відбувається теоретизація системних ідей, формування перших системних теорій, широке поширення системності в усіх галузях знання, освоєння їх системними ідеями. Системний аналіз виходить на позиції методологічної науки. Основоположником теорії систем був Карл Людвіг фон Берталанфі. Він та інші натуралісти XIX – XX ст.

(Богданів, Вінер, Ешбі та ін.) не лише актуалізували роль модельного мислення й моделей у природознавстві, але й сформували основні системотворчі принципи, принципи системності наукового знання, поєднали теорію відкритих систем, філософські принципи й досягнення природознавства. Системність перетворюється в наукове знання про системи, оформляється як інструмент пізнавальної діяльності.

Третій етап (із середини ХХ ст. до сьогодні) характеризується перетворенням системності в метод наукових досліджень, розвитком аналітичної діяльності. Він розгортається із другої половини 50-х років і збігається з початком науково-технічної революції, яка максимально використовувала системний метод для наукових відкриттів, здійснення технологічних розробок. На сьогодні системність стає загальним світоглядом, який використовують фахівці всіх галузей. Розвиток техніки й технології збагачує *системний аналіз* новими методами, моделями, середовищами.

Системний аналіз є синтетичною дисципліною, що розробляє способи дослідження різноманітних складних систем, процесів або ситуацій навіть за нечітко визначених критеріїв. Такі дослідження необхідні для визначення науково обґрунтованих програм дій з урахуванням не лише об'єктивної, але й суб'єктивної інформації.

У науковій літературі часто застосовують поняття «системний підхід» та «системний аналіз» як синоніми. Але їх потрібно розрізняти. *Системний підхід* – це принцип пізнання, а *системний аналіз* – процес перетворення принципів системного підходу в методологічний комплекс.

Системний аналіз застосовується в будь-якій *предметній галузі*, включаючи в себе різні методи й процедури дослідження. Ця наука, як і будь-яка інша, ставить за мету дослідження нових зв'язків і відносин об'єктів і явищ таким чином, щоб досліджувані об'єкти стали більш керованими, досліджуваними, а «розкритий» у результаті дослідження механізм взаємодії цих об'єктів – більш застосовним до інших об'єктів та явищ. Завдання й принципи системного підходу не залежать від природи об'єктів і явищ.

Системний аналіз вивчає такі питання:

- утворення цілого;
- побудова цілого;
- зростання та розвиток цілого;
- відношення між цілісною системою та іншими системами;
- відношення між системою та метасистемою, великою зовнішньою системою, до складу якої вона входить.

За умов *системного підходу* об'єкт дослідження подається як *система*. Термін «система» використовується в тих випадках, коли

треба охарактеризувати об'єкт, який досліджується чи проектується, як дещо ціле, складне, про який неможливо одразу дістати просте уявлення.

Саме поняття система може бути співвідносним з одним із методологічних понять, оскільки розгляд об'єкта як системи або відмова від такого розгляду залежить від завдання дослідження й самого дослідника. Існує понад 30 визначень системи.

У дослівному перекладі з грецької термін «система» означає «з'єднане, складене з частин». У цьому смислі можна розглядати будь-який об'єкт навколишнього світу як систему. Більш того, усяке явище або проблему можна уявити як сукупність явищ чи проблем. Увесь Всесвіт, уся навколишня природа – це одна велика система, система систем.

Системою прийнято вважати організовану численність елементів, які являють собою єдине ціле, що має складну внутрішню будову та взаємодіє із зовнішнім середовищем.

Систему слід розуміти ще й як метод розглядання, як спосіб або засіб вирішення проблеми. «Система є відображенням у свідомості дослідника властивостей об'єктів та їх відносин у вирішенні задачі дослідника».

Система як об'єкт являє собою численність елементів та відносин між ними. Під відношеннями розуміють структуру, обмеження, інформацію, організацію, зв'язок, з'єднання, взаємозв'язок, кореляцію та ін.

Якщо A – численність відповідних елементів, R – численність відносин між елементами системи, то можна розглядати систему як упорядковану пару:

$$S = (A, R)$$

Із математичної точки зору, система – це структура, у яку в певні моменти часу вводиться речовина (об'єкт, енергія) та з якої в якісь моменти часу вийшло щось. Переробка вхідних (відомих) параметрів у значення вихідних (невідомих) параметрів з урахуванням факторів зворотного зв'язку називається *функціонуванням* системи. Інакше кажучи, у кожний момент часу система одержує деяку вхідну дію $U(t)$ і породжує деяку вихідну величину $Y(t)$ (рис. 3.1).

Входом системи вважають все те, що є джерелом живлення або функціонування системи. *Виходом* називають мету функціонування, результат діяльності системи. *Процес* – це вид діяльності системи, який перетворює вхід та породжує вихід.

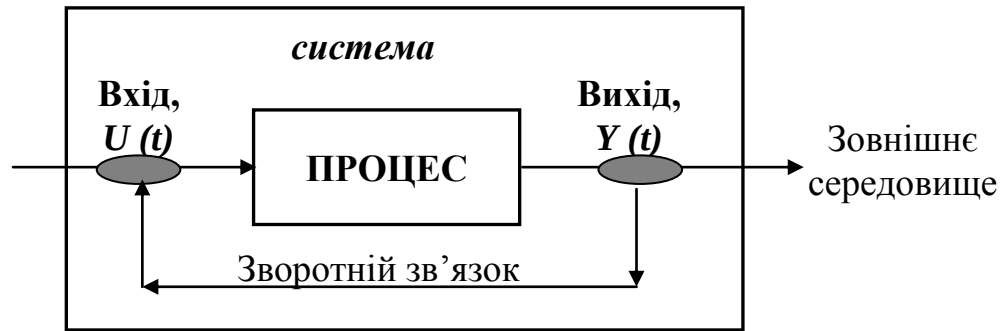


Рисунок 3.1 – Схема функціонування системи

Поняття «система» виникає, коли ми матеріально або умоглядно проводимо замкнену межу між необмеженою або деякою обмеженою безліччю елементів. Ті елементи з їхньою відповідною взаємною зумовленістю, які попадають усередину, утворюють систему. Елементи, що залишилися за межею, називаються в теорії систем «системним оточенням» або просто «оточенням», або «зовнішнім середовищем». Тобто немислимо розглядати систему без її зовнішнього середовища.

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 із середовищем, ефективність реалізації її призначення, можливість реалізації додаткових цілей.

У процесі взаємодії з оточенням система формує й проявляє свої властивості, будучи при цьому провідним компонентом цього впливу. Для того, щоб розглядати об'єкт як систему, необхідно, перед усім, виділити його із середовища, яке є оточенням об'єкта. *Середовище* – це сукупність об'єктів, які не належать даній системі, але взаємодіють з нею.

Можна сказати, що середовище – це:

- **все те**, де утворюється вхід та куди уходить вихід;
- **не все те**, що оточує, а лише те, що взаємодіє.

Межі між системою та середовищем можуть змінюватись залежно від цілей дослідження та рішення спостерігача включати ті або інші складові в систему або ж віднести їх до середовища.

Для більш повного уявлення про систему також вводять поняття елемента. *Елементом* системи є частина системи з певними визначеними властивостями, що виконують певні функції і не підлягають подальшому поділу в рамках завдання, що підлягає вирішенню (з погляду дослідника).

Тобто елемент – це простіша неподільна частина системи. Неподільна не тому, що подальше ділення неможливе, а тому, що подальше ділення не потрібне в межах поставленої мети.

Під час багаторівневого розгляду системи в ній виділяють підсистеми. *Підсистема* – це така частина системи, яка складається з елементів, має властивість цілісності та підціль. Усяка система може розглядатися, з одного боку, як підсистема більш високого порядку (надсистеми), а з іншого – як надсистема системи більш низького порядку (підсистема). Наприклад, система «виробничий цех» входить як підсистема в систему більш високого рангу – «фірма». У свою чергу, надсистема «фірма» може бути підсистемою «корпорації».

Зазвичай як підсистеми фігурують більш-менш самостійні частини систем, що виділяються за певними ознаками та мають відносну самостійність та певний ступінь волі.

Підсистеми зв'язуються між собою таким чином. Вхід даної підсистеми є в той же час виходом попередньої, а вихід даної підсистеми – входом наступної. Таким чином, вхід і вихід розташовуються на межі підсистем і виконують одночасно функції входу й виходу попередніх і наступних підсистем.

Якщо для групи елементів не виконується умова цілісності та не визначена мета, то такі групи відносять до *компонентів* системи.

Елементи системи об'єднуються в ціле за допомогою *зв'язків*, які:

- характеризують будову та функціонування системи;
- обмежують міру свободи елементів (як тільки елементи вступають у зв'язок один з одним, вони втрачають частину своїх властивостей, які були у них у вільному стані).

Зв'язки характеризуються:

- спрямованістю (спрямовані та неспрямовані);
- силою (сильні та слабкі);
- характером (зв'язки підкорення, породжування, управління, рівноправні).

Для того, щоб система не розпалась на частини, сумарна сила зв'язків між елементами системи має перевищувати сумарну потужність зв'язків між елементами системи та елементами середовища:

$$P_{e...e} > P_{e...сep.}$$

Зв'язки розрізняють за характером взаємозв'язку та за видом проявлення (рис. 3.2).

Прямі зв'язки призначені для заданої функціональної передачі речовини, енергії, інформації або їх комбінацій від одного елемента до іншого в напрямку основного процесу.

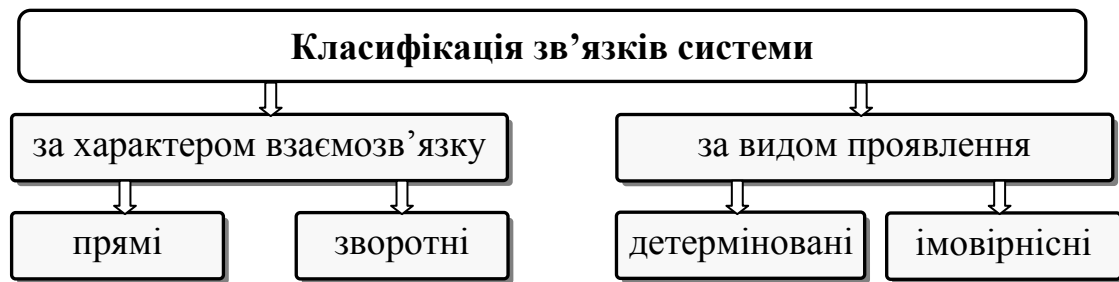


Рисунок 3.2 – Класифікація зв'язків системи

Зворотні зв'язки, в основному, виконують функції, що інформують, відбиваючи зміни стану системи в результаті керуючого впливу на неї. Зворотні зв'язки є складною формою прояву причинної залежності та полягають у тому, що результат попередньої дії впливає на наступний перебіг процесу в системі, тобто причина підпадає під зворотний вплив наслідку. Якщо зворотний зв'язок підсилює результат впливу наслідку, то його називають позитивним, а якщо послаблює – негативним. Процеси керування, адаптації, саморегулювання, самоорганізації, розвитку неможливі без використання зворотніх зв'язків.

Детермінований (жорсткий) зв'язок, як правило, однозначно встановлює причину й наслідок, дає чітко зумовлену формулу взаємодії елементів. *Імовірнісний* (гнучкий) зв'язок визначає неявну, непрямую залежність між елементами системи. Теорія імовірності пропонує математичний апарат для дослідження цих зв'язків, що отримав назву «кореляційні залежності».

Поняття елемент, підсистема, система взаємоперетворювані. Система може розглядатися як елемент системи більш високого порядку (метасистема), а елемент під час поглибленого аналізу – як система. Та обставина, що будь-яка підсистема є одночасно й відносно самостійною системою, приводить до двох аспектів вивчення систем: на макро- та мікрорівні.

Під час вивчення на *макрорівні* основна увага приділяється взаємодії системи із зовнішнім середовищем. Причому системи більш високого рівня можна розглядати як частину зовнішнього середовища. За такого підходу головними факторами є цільова функція системи (ціль), умови її функціонування. При цьому елементи системи вивчаються з погляду організації їх у єдине ціле, вплив на функції системи в цілому.

На *мікрорівні* основними стають внутрішні характеристики системи, характер взаємодії елементів між собою, їх властивості й умови функціонування.

Поняття *структури системи* (від лат. *structure* – будова, розташування, порядок) відображає багатогранність зв'язків між складовими частинами системи, її будову. Різні за природою системи

можуть мати схожі структури, а одна й та сама система може бути представлена різними структурами. Структурне зображення можна певною мірою відносити до засобів вивчення системи, яке зумовлюється метою вивчення системи, аспектом її розгляду.

Зважаючи на те, що існують неоднозначні уявлення про саму систему, розподіл системи на підсистеми не є однозначним та вичерпним.

Процес розподілу системи на рівні або підсистеми залежить від інтуїції, досвіду дослідника системи, цілей системного дослідження. Розрізняють цілі об'єктивні та суб'єктивні.

Якщо мова йде про бажаний стан системи, у якому досягається результат діяльності системи, ціль вважається *суб'єктивною*. Вона задається людиною; має бути конкретна та реально здійснюватись. Зазвичай це цілі штучних систем, які є результатом розумової або практичної діяльності людини, задані.

Цілі, які являють собою реальний стан системи, що реалізується природою, називаються *об'єктивними*. Але для природних систем, які мають об'єктивні цілі («задані» самою природою), можуть існувати також суб'єктивні цілі. Яскравим прикладом природної системи є людина, яка має цілу низку суб'єктивних цілей.

3.2. Класифікація, властивості та закономірності систем

Поняття «система» охоплює всі об'єкти навколишнього світу. У зв'язку з цим існує велика різноманітність класифікацій систем за різними ознаками. Кожна класифікація виконується спеціалістами, які займаються певним колом проблем, і відображає підхід до проблеми класифікації з точки зору саме цих спеціалістів. Тому єдиної класифікації систем на сьогодні немає. Розглянемо запропоновану класифікацію систем, згідно з якою системи поділяють на класи за різними ознаками залежно від завдання, що вирішується (табл. 3.1).

Розглянемо більш детально три останніх типи класифікації систем.

Слід чітко розрізняти поняття «складний» та «великий», «простий» та «малий». *Складна* система являє собою багаторівневу конструкцію із взаємодіючих між собою та із зовнішнім середовищем елементів. Однією з основних рис складної системи є взаємодія між підсистемами. У складних системах зв'язки неоднозначні, мають інваріантний характер, поданий системою сигнал та його інтерпретація одержувачем – не завжди одне й те саме. Під час розробки складних систем виникають проблеми, які відносяться не лише до властивостей їх складових елементів і підсистем, але також до закономірностей функціонування системи в цілому.

Таблиця 3.1 – Класифікація систем

Класифікаційна ознака	Тип системи	Характеристика
1	2	3
За походженням	природні	виникли в природі без участі людини
	штучні	створені людиною
За характером зв'язків із зовнішнім середовищем	відкриті	обмінюються із середовищем масою, енергією або інформацією в процесі свого існування
	закриті (замкнуті)	обмін із середовищем не відбувається; результатом їх функціонування є зростання ентропії (хаосу) системи, що призводить до її руйнування
За видом упорядкованості	ті, що базуються на певних типах елементів	живі та неживі, природні або штучні та ін.
	ті, що базуються на певних типах відношень	лінійна, ієрархічна, багатоканальна, кільцева, сітьова та ін.
За поведінкою в часі	стаціонарні	реакція системи на вхідну дію не залежить від того, у якому проміжку часу була ця дія
	динамічні	система функціонує в часі; змінює під дією зовнішніх та внутрішніх сил свій стан протягом часу
За способом управління	ті, якими керують зовні	без зворотнього зв'язку; ті, що регулюються; керовані за параметрами або структурою
	ті, що керують самі собою	за допомогою програмного управління, автоматичного регулювання, самоорганізації
	із комбінованим управлінням	автоматичні, напіваавтоматичні, автоматизовані, організаційні
За кількістю елементів	великі	громіздкі, із великою кількістю підсистем та елементів
	малі	із незначною кількістю підсистем та елементів
За складністю відношень	прості	складність системи набагато залежить від суб'єктивного сприйняття даної системи даним дослідником
	складні	багаторівневі конструкції із взаємодіючих між собою та із зовнішнім середовищем елементів

Продовження табл. 3.1

1	2	3
За мірою організованості	добре організовані	ті, в яких визначають зв'язки між всіма компонентами та цілями системи, із точки зору яких розглядається об'єкт або для досягнення яких створюється система
	погано організовані (дифузійні)	під час уявлення об'єкта не ставиться завдання визначити всі враховані компоненти, їх властивості й зв'язки між ними й цілями системи
	ті, що самоорганізуються (ті, що розвиваються)	дозволяють дослідити найменш вивчені об'єкти й процеси

На відміну від складних, *великі* системи є громіздкими з великою кількістю підсистем та елементів. У таких системах між підсистемами відбувається обмін сигналами, які можуть бути інтерпретовані однозначно. Зв'язок між підсистемами здійснюється суворо за функціональним принципом.

Як прості, так і складні системи можуть бути великими й малими. Розмір системи визначається кількістю елементів, а її складність набагато залежить від суб'єктивного сприйняття даної системи даним дослідником, від глибини його знань щодо питання, яке вивчається.

Наприклад, якщо розглядати як систему виробничий процес на підприємствах, то споживач буде вважати його складною системою (тому що не має достатніх знань для його організації), а інженер-технолог – простою (оскільки має потрібні в даному випадку знання). В інших випадках інтерпретація системи як складної (генокод людини) однозначна.

Добре організовані системи. Подати аналізований об'єкт або процес у вигляді «добре організованої системи» означає визначити елементи системи, їх взаємозв'язок, правила об'єднання в більші компоненти, тобто визначити зв'язки між усіма компонентами й цілями системи, з погляду яких розглядається об'єкт або заради досягнення яких створюється система. Проблемна ситуація може бути описана у вигляді математичного виразу, що зв'язує мету із засобами, тобто у вигляді критерію ефективності, критерію функціонування системи, який може бути представлений складним рівнянням або системою рівнянь. Вирішення завдання за умов уявлення його у вигляді добре організованої системи здійснюється аналітичними методами формалізованого уявлення системи. Приклади добре організованих систем: Сонячна система, що описує найбільш істотні закономірності

руху планет навколо Сонця; відображення атома у вигляді планетарної системи, що складається з ядра й електронів; опис роботи складного електронного обладнання за допомогою системи рівнянь, що враховує особливості умов його роботи (наявність шумів, нестабільності джерел харчування та ін.).

Для відображення об'єкта у вигляді добре організованої системи необхідно виділяти істотні й не враховувати відносно несуттєві для даної мети розгляду компоненти. Наприклад, під час розгляду Сонячної системи не враховувати метеорити, астероїди й інші дрібні порівняно з планетами елементи міжпланетного простору.

Опис об'єкта у вигляді добре організованої системи застосовується в тих випадках, коли можна запропонувати детермінований опис і експериментально довести правомірність його застосування, адекватність моделі реальному процесу. Спроби застосувати клас добре організованих систем для уявлення складних багатокомпонентних об'єктів або багатокритеріальних завдань погано вдаються: вони вимагають неприпустимо більших витрат часу, практично нереалізовані й неадекватні моделям, що застосовуються.

Погано організовані системи. Під час уявлення об'єкта у вигляді «погано організованої або дифузійної системи» не ставиться завдання визначити всі враховані компоненти, їх властивості та зв'язки між ними й цілями системи. Система характеризується деяким набором макропараметрів і закономірностями, які встановлюються на основі дослідження не всього об'єкта або класу явищ, а на основі визначеної за допомогою деяких правил вибірки компонентів, що характеризують досліджуваний об'єкт або процес. На основі такого вибіркового дослідження одержують характеристики або закономірності (статистичні, економічні) і поширюють їх на всю систему в цілому. При цьому робляться відповідні застереження. Наприклад, під час одержання статистичних закономірностей їх поширюють на поведінку всієї системи з якоюсь довірчою ймовірністю.

Підхід до відображення об'єктів у вигляді дифузійних систем широко застосовується під час: опису систем масового обслуговування, визначення чисельності штатів на підприємствах і установах, дослідження документальних потоків інформації в системах керування та ін.

Відображення об'єкта у вигляді *системи, що самоорганізовується*, – це підхід, що дозволяє дослідити найменш вивчені об'єкти й процеси. Системи, що самоорганізуються, мають ознаки дифузійних систем: стохастичність поведінки, нестационарність окремих параметрів. До цього додаються такі ознаки, як непередбачуваність поведінки; здатність адаптуватися до мінливих умов середовища, змінювати структуру під час взаємодії системи із

середовищем, зберігаючи при цьому властивості цілісності; здатність формувати можливі варіанти поведінки й вибирати з них найкращий та ін. Приклади систем, що самоорганізуються: біологічні організації, колективна поведінка людей, організація керування на рівні підприємства, галузі, держави в цілому, тобто в тих системах, де обов'язково є людський фактор.

Більшість прикладів застосування системного аналізу засновано на уявленні об'єктів у вигляді систем, що самоорганізуються.

Слід відзначити, що будь-яка класифікація відносна. Система може бути охарактеризована однією або декількома ознаками й відповідно їй може бути знайдене місце в різних класифікаціях, кожна з яких може бути корисною під час вибору методології дослідження. Зазвичай мета класифікації полягає в обмеженні вибору підходів до відображення систем, тобто відображення тих ознак системи, які є найсуттєвішими для дослідника при заданій меті вивчення системи та виборі методів моделювання.

Усяка система унікальна, неповторна, але все ж таки має властивості, що характерні всім системам (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Основні властивості та закономірності систем

Основна риса системи – її *цілісність* (емерджентність, від англ. *emergen* – «виникнення з нічого», «раптова поява», «раптова випадковість»). Система – цілісний матеріальний об'єкт, що являє собою закономірно зумовлену сукупність функціонально взаємодіючих елементів. Усі її частини служать загальній меті та сприяють формуванню оптимальних результатів за прийнятого критерію ефективності.

Щоб глибше зрозуміти закономірність цілісності, необхідно розглянути дві її сторони:

- властивості системи (цілого) не є сумою властивостей окремих її елементів або частин (незвідність цілого до простої суми частин);

- властивості системи (цілого) залежать від властивостей її елементів, частин (зміна в одній частині викликає зміни в усіх інших частинах і в усій системі).

Тобто властивості системи не є простою сумою властивостей елементів, але залежать від цих властивостей. Істотним проявом закономірності цілісності є нові взаємини системи як цілого із середовищем, відмінні від взаємодії з ним окремих елементів.

Нові властивості з'являються завдяки новим конкретним зв'язкам між конкретними елементами. Це так званий *системотворчий чинник*.

Протягом функціонування системи в ній спостерігаються дві взаємопов'язані тенденції. З одного боку, це прагнення елементів системи до більш незалежного існування, з іншого – прагнення системи до підвищення її цілісності або до зменшення самотійності елементів, що входять до її складу.

Для кількісної оцінки міри цілісності технологічних систем використовують такі характеристики як точність функціонування системи, стійкість, стабільність. Під *точністю* системи розуміють імовірність виходу виробів заданої якості (P). Значення P визначають за допомогою коефіцієнта зміщення E та коефіцієнта точності T :

$$P = f(E, T)$$
$$E = |X - X_0| / 2 \delta,$$

де X – середнє значення показника якості продукту – результату діяльності системи;

X_0 – його номінальне значення (обирається найчастіше за нормативною документацією);

δ – абсолютна величина половини поля допуску на показник якості.

$$T = 2 \delta / KS,$$

де K – коефіцієнт, який залежить від закону розподілу похибок показника якості виробів;

S – середнє квадратичне відхилення показника якості вибірки.

Необхідно відзначити, що точність характеризує систему статистично.

Для того, щоб повніше оцінити функціонування системи в часі, використовують поняття *стійкість*. Стійкість характеризує здатність системи зберігати точність показників якості в часі, здатність повертатися до стану рівноваги, після того як вона була з цього стану виведена під впливом зовнішніх збурюючих чинників. Від здатності системи опиратися зовнішнім збурюючим впливам залежить тривалість існування системи. Стан рівноваги, до якого система здатна повертатися, називають *стійким станом рівноваги*.

Стабільність характеризує рівень організованості, розвитку, цілісності системи. *Стабільний процес* – це процес, який затвердився на певному рівні стійкості.

Кількісно стабільність системи розраховують за допомогою *ентропійної функції*:

$$H = - \sum P (x_i) \log P (x_i),$$

де $P (x_i)$ – імовірність надходження випадкової величини в інтервал $X_{i-1} X_i$.

Іноді як синонім цілісності використовують властивість *інтегративності*. Відзначимо, що інтегративними називають такі чинники, які відіграють системотворчу, системозберігаючу роль. Вони сприяють об'єднанню неоднорідних та суперечних елементів системи.

Комунікативністю називають складну єдність системи із середовищем за допомогою численних комунікацій із системами більш високого та більш низького порядку.

Властивість *ієрархічності* системи пов'язана з ієрархічною впорядкованістю світу та багаторівністю всередині самої системи. Ієрархічність полягає в тому, що закономірність цілісності проявляється на кожному рівні ієрархії. Завдяки цьому на кожному рівні виникають нові властивості, які не можуть бути виведені як сума властивостей елементів. При цьому важливо, що не лише об'єднання елементів у кожному вузлі приводить до появи нових властивостей, яких у них не було, і до втрати деяких існуючих властивостей, але й те, що кожний член ієрархії набуває нові властивості, відсутні в нього в ізольованому стані.

Таким чином, на кожному рівні ієрархії відбуваються складні якісні зміни, які не завжди можуть бути показані й пояснені. Але саме завдяки цій особливості розглянута закономірність приводить до цікавих наслідків. По-перше, за допомогою ієрархічних уявлень можна відображати системи з невизначеністю. По-друге, побудова ієрархічної структури залежить від мети: для багатоцільових ситуацій можна побудувати кілька ієрархічних структур відповідно до різних умов, і при цьому в різних структурах можуть брати участь ті самі компоненти.

По-третє, навіть за однієї і тієї ж мети, якщо доручити формування ієрархічної структури різним дослідникам, то залежно від їхнього попереднього досвіду, кваліфікації й знання системи вони можуть одержати різні ієрархічні структури, тобто по-різному вирішити якісні зміни на кожному рівні ієрархії.

Перераховані вище властивості систем – емерджентність, комунікативність та ієрархічність – взаємопов'язані. Зокрема, більш високий ієрархічний рівень системи діє на той рівень, що знаходиться нижче, надаючи йому нових властивостей, яких не було в нього в ізольованому стані. При цьому формується й нова цілісність (емерджентність) системи в цілому і на кожному рівні ієрархії.

Існують й інші кількісні та якісні характеристики систем – еквіфінальність, історичність, закон необхідної різноманітності та ін.

Еквіфінальність – одна з найменш досліджених закономірностей. Вона характеризує граничні можливості систем певного класу складності.

На сьогодні не досліджено низку питань цієї закономірності: які саме параметри в конкретних системах забезпечують властивість еквіфінальності? Як забезпечується ця властивість? Як проявляється закономірність еквіфінальності в організаційних системах?

Історичність. Час є неодмінною характеристикою системи, тому кожна система історична, і це така ж закономірність, як цілісність, інтегративність та ін. Легко навести приклади становлення, розквіту, занепаду й навіть смерті біологічних і суспільних систем, але для технічних і організаційних систем визначити періоди розвитку досить важко. Основа закономірності історичності – внутрішні протиріччя між компонентами системи. Але як керувати розвитком або хоча б розуміти наближення відповідного періоду розвитку системи – ці питання ще мало досліджені.

Закон необхідної різноманітності вперше сформулював У.Р. Ешбі. Сутність закону полягає в наступному. Щоб створити здатну впоратися з вирішенням проблеми систему, яка має певну, відому різноманітність, потрібно, щоб сама система мала ще більшу різноманітність, ніж різноманітність проблеми, що вирішується, або була здатна створити в собі цю різноманітність. Цей закон досить широко застосовується на практиці. Він дозволяє, наприклад, одержати рекомендації з удосконалення системи керування підприємством, об'єднанням, галуззю.

Використання описаних вище закономірностей побудови, функціонування та розвитку систем дає можливість уточнити та поширити уявлення про об'єкт, який вивчається, запропонувати рекомендації з метою його вдосконалення.

3.3. Системність світу та людського мислення

Системність – це властивість матерії; вона виходить із системності світу. Тому назвати будь-який об'єкт досліджень системою – це сказати про нього все і не сказати нічого.

Навколишній світ та діяльність людини, яка спрямована на пізнання та перетворення світу, із точки зору сучасної науки носять системний характер.

Системність як бачення світу у вигляді цілісності взаємозалежних елементів складалася в процесі еволюції людської практики й мислення. Її становлення відбувалося завдяки декільком чинникам:

- проникненню людини в ході пізнання навколишнього світу до внутрішньої структури речей і явищ, де щоразу виявлялися різноманітні взаємозв'язки й інші атрибути системності;

- унаслідок розумової діяльності, коли постійно відбувалося розкладання цілого на частини й, навпаки, з'єднання його складових;

- у ході практичної діяльності зі створення цілого з декількох частин, а також розподілу цілого на частини. Розбиваючи, дроблячи, ламаючи, людина щоразу уловлювала втрату цілого.

Системність світу виражається у вигляді об'єктивно існуючої ієрархії різноорганізованих природних та штучних систем, які взаємодіють між собою.

Стосовно системного підходу можна виділити дві світоглядні парадигми. Перша визнає системність як об'єктивну властивість усього суцього, як найважливішу характеристику матерії. Сьогодні спеціальні науки переконливо доводять системність частин світу, що ними пізнаються. Всесвіт з'являється перед нами системою систем. Звичайно, поняття «система» підкреслює обмеженість, кінцівку Всесвіту. І, спираючись на метафізичне мислення, можна дійти висновку, що, оскільки Всесвіт – це «система», то вона має межу, тобто кінцева. Але з діалектичної точки зору яким чином би не уявляти собі найбільшу із систем, вона завжди буде елементом іншої, більш великої системи. Це справедливо й у зворотному напрямі, тобто Всесвіт нескінченний не лише «ушир», але й «углиб».

Звідси виникає друга парадигма, згідно з якою системність являє собою не властивість матерії, а властивість суб'єкта, що пізнається. Ця парадигма говорить про те, що світ є такий, який він є, а системність – це лише спосіб його бачення й пізнання. Оголошення всього суцього системами аж ніяк не означає, що ці об'єкти є системами. Для того, щоб довести їхню системність, ми змушені шукати підставу або системостворчий чинник. Тобто системність – це деяка пізнавальна процедура, що передбачає системність мислення.

Системність мислення полягає в тому, що наші знання постають у вигляді ієрархічної системи взаємозв'язаних моделей навколишнього світу. Більшість сучасних людей виховані в стилі лінійного мислення, на якому засновано багато розділів класичної науки. Головним завданням лінійного мислення є аналіз причинно-наслідкових зв'язків і створення покрокових технологій і інструкцій. Лінійне мислення пов'язане з надмірним розвитком формальної логіки, завдаючи шкоди спонтанності мислення.

На сьогодні на зміну лінійному приходить *системне мислення*. Воно характеризується відсутністю причинно-наслідкових зв'язків і виходить за межі покрокових технологій, будучи одночасно інтелектуальним та інтуїтивним. Для його розвитку необхідні два типи уваги – периферійна й центральна.

Системне мислення являє собою певним чином організовану взаємодію двох стилів мислення. Один із них, більш архаїчний, заснований на розфокусованій (периферійній) увазі. Він забезпечує більш емоційне й почуттєве сприйняття світу та реагує на всі важливі його прояви. Цьому стилю мислення властиві спонтанність, непередбачуваність, відсутність зовнішньої логіки. Інший стиль мислення заснований на концентрації (центральної увазі). Він являє собою сучасне інтелектуальне мислення, яке дозволяє ухвалювати відповідальні рішення й здійснювати їх безвідносно до проявів зовнішнього світу.

Перший стиль забезпечує спонтанне проходження подійних потоків (без чіткого усвідомлення того, що відбувається) і більшу чутливість. Це дає високий рівень убудованості у світ, відчуття опори й стабільності. При такому стилі мислення зміни в житті можуть відбуватися, але вкрай повільно.

Другий стиль мислення дає силу відстоювати свої рішення, схильність і здатність створювати зміни, іноді на шкоду стабільності. Це сприяє високому рівню усвідомлення себе і своїх дій та повну відповідальність за них. Цей стиль був мало розповсюджений за старих часів, коли власні рішення приписувалися вищій силі (Богу) і, отже, не мали на увазі особистої відповідальності. Взаємодія двох стилів мислення стає джерелом нового знання й нових рішень.

Отже, у випадку лінійного мислення інформація передається від середовища до людини або назад. У системному ж підході інформація (як нове знання) виникає в процесі взаємодії частин системи, тобто людини й середовища. Системність мислення дає можливість створювати власні технології вирішення проблем – породжувати власне знання – замість того, щоб вивчати загальноприйняті способи їх вирішення, тобто одержувати знання із зовнішнього світу. Системність мислення має бути невід'ємною рисою сучасного науковця.

«Системність світу», як відзначає В.Н. Спицнадель, «представляється у вигляді об'єктивно існуючої ієрархії по-різному організованих взаємодіючих систем. Системність мислення реалізується в тому, що знання представляються у вигляді ієрархічної моделі взаємозалежних моделей. Хоча люди і є частиною природи, людське мислення має певну самостійність щодо навколишнього світу: розумові конструкції зовсім не зобов'язані підкорятися обмеженням миру реальних конструкцій. Однак при виході в практику неминучі зіставлення й узгодження системностей миру й мислення». Тобто світ є системним і системним є його відбиття людиною.

Таким чином, цінність системного підходу, системного аналізу полягає в тому, що він є методикою та практикою цілеспрямованого перетворення як самої людини, так і навколишнього світу.

3.4. Моделювання як спосіб наведення систем

Процес пізнання полягає в тому, що ми створюємо для себе деякі уявлення стосовно досліджуваного об'єкта або явища, що допомагає краще зрозуміти його функціонування й структуру, характеристики. Таке уявлення, виражене в тій або іншій формі, називається моделлю. Чим детальніший й точніший пізнаний об'єкт, чим більше відомостей про нього відбито в моделі, тим вона ближча до дійсності, тим більше вона адекватна оригіналу (від лат. *adaequatus* – прирівняний, тотожний).

Моделі значно полегшують розуміння системи, дозволяють проводити дослідження в абстрактному плані, прогнозувати поведінку системи в умовах, що нас цікавлять, спрощувати завдання, аналізувати й синтезувати зовсім різні системи одними методами.

Зважаючи на це, моделювання є важливим інструментом системного аналізу. Моделювання в широкому сенсі – це особливий пізнавальний процес, метод теоретичного та практичного опосередкованого пізнання, коли суб'єкт замість безпосереднього об'єкта пізнання вибирає чи створює схожий із ним допоміжний об'єкт-замісник (модель), досліджує його, а отриману інформацію переносить на реальний предмет вивчення.

Модель у широкому розумінні – це образ якого-небудь об'єкта або системи об'єктів, що використовується за певних умов як їх представник. Можна назвати *три основні причини* застосування моделей замість прямої взаємодії з реальним світом.

Перша причина – складність реальних об'єктів. Кількість чинників, які впливають на вирішувану проблему, виходить за межі людських можливостей. Тому одним із виходів (а часто єдиним) із

ситуації, що склалася, є спрощення ситуації за допомогою моделей, у результаті чого зменшується різноманітність цих чинників до рівня сприйнятливості фахівця.

Друга причина – необхідність проведення експериментів. На практиці зустрічається багато ситуацій, коли експериментальне дослідження об'єктів обмежене високою вартістю або зовсім неможливе (небезпечно, шкідливо, обмеженість науки й техніки на сучасному етапі).

Третя причина – необхідність прогнозування. Важлива перевага моделей полягає в тому, що вони дозволяють «заглянути в майбутнє», дати прогноз розвитку ситуації та визначити можливі наслідки прийнятих рішень.

Серед інших причин можна назвати наступні:

- досліджуваний об'єкт або дуже великий (модель Сонячної системи), або дуже малий (модель атома);
- процес відбувається дуже швидко (модель двигуна внутрішнього згоряння) або дуже повільно (геологічні моделі);
- дослідження об'єкта може призвести до його руйнування (модель літака, автомобіля).

Переваги вивчення процесів та систем на моделях подано на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Переваги вивчення процесів та систем на моделях

За допомогою моделей можна одержати характеристики системи або окремих її частин значно простіше, швидше й дешевше, ніж у разі дослідження реальної системи. Звісно, це спричиняє зниження точності, тому що ми отримуємо фактично не справжні значення характеристик, а лише їх оцінки, наближені значення.

Ступінь точності визначається адекватністю моделі й може бути підвищений у разі необхідності за рахунок ускладнення моделі.

Моделювання пов'язане із з'ясуванням або відтворенням властивостей якого-небудь реального або створюваного об'єкта, процесу або явища за допомогою іншого об'єкта, процесу або явища. *Модель* – це теж система зі своїми функціями та структурою, які відображають структуру та функції системи-оригіналу. Сутність моделювання полягає в побудові, удосконаленні, вивченні й застосуванні моделей реально існуючих або проєктованих об'єктів (процесів і явищ).

Модель фіксує існуючий рівень пізнання про досліджуваний об'єкт. Неможливо створити універсальну модель, яка могла б відповісти на всі запитання, що викликають інтерес; кожна з них дає лише наближений опис явища, причому в різних моделях знаходять відображення різні його властивості. До моделювання звертаються тоді, коли досліджувати реальний об'єкт з усією сукупністю його властивостей недоцільно, незручно або неможливо. Метод моделювання надзвичайно розширює можливості наукового пізнання, оскільки дає змогу наочніше уявляти досліджувані явища, «наближати» їх, усувати шкідливий вплив супровідних сторонніх чинників, тобто досліджувати їх у «чистому вигляді».

Моделювання можна розглядати як деталізацію, конкретизацію, спрощення системи. Під час моделювання до процесу висуваються певні вимоги (рис. 3.5).

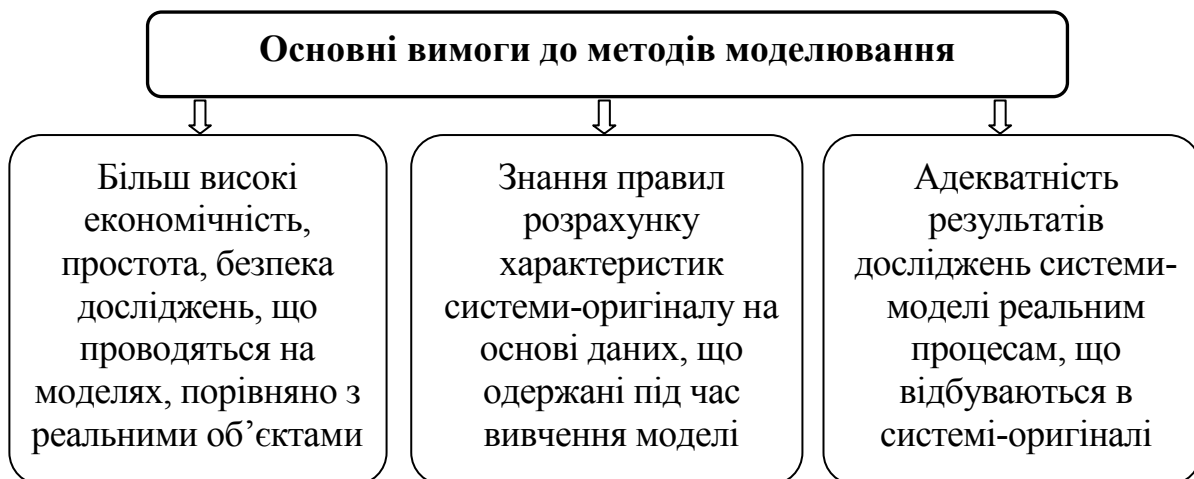


Рисунок 3.5 – Основні вимоги до методів моделювання

Моделювання в цілому містить низку етапів, що базуються на принципах системного підходу (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Основні етапи моделювання

Процес моделювання є *ітеративним*, тобто допускає багатократне повторення своїх етапів. У випадку незадовільних результатів, отриманих на 5 або 6 етапі, здійснюється повернення до одного з попередніх етапів, який міг привести до розробки невдалої моделі. Уточнення моделі відбувається доти, поки не будуть отримані прийнятні результати.

Проблема класифікації моделей, як і систем, складна й важко вирішується. Об'єктивна причина полягає в тому, що дослідника цікавить лише якась одна властивість системи (об'єкта), для відображення якого й створена модель. Тому в основу класифікації можна покласти безліч ознак. Найбільш розповсюджені види класифікації моделей визначаються чотирма основними ознаками (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Принципи класифікації моделей

Класифікація моделей за галуззю використання.

Навчальні моделі використовуються під час навчання. Це можуть бути наочне приладдя, різні тренажери, що навчають тощо.

Дослідні – це зменшені або збільшені копії проєктованого об'єкта. Використовують для дослідження об'єкта й прогнозування його майбутніх характеристик.

Науково-технічні моделі створюються для дослідження процесів і явищ.

Ігрові – репетиція поведінки об'єкта в різних умовах.

Імітаційні – відбиття реальності тією чи іншою мірою (метод проб і помилок). Експеримент із моделлю або багаторазово повторюється за різних вихідних даних, щоб вивчити й оцінити наслідок яких-небудь дій на реальну обстановку, або проводиться одночасно з багатьма іншими схожими об'єктами, але поставленими в різні умови. За результатами дослідження робляться висновки.

Класифікація моделей за фактором часу.

Статичні – моделі, що описують стан системи в певний момент часу (одноразовий зріз інформації з даного об'єкта). Наприклад, класифікація тварин, будова молекул тощо.

Динамічні – моделі, що описують процеси зміни й розвитку системи (зміни об'єкта в часі). Наприклад, опис розвитку організмів, процес хімічних реакцій.

Класифікація моделей за галуззю знань – це класифікація за галуззю діяльності людини: математичні, біологічні, хімічні, соціальні, економічні, історичні тощо.

Класифікація моделей за формою уявлення.

Матеріальні – це предметні моделі. Вони завжди мають реальне втілення. Відображають зовнішню властивість і внутрішню структуру

вихідних об'єктів, сутність процесів і явищ об'єкта-оригіналу (дитячі іграшки, кістяк людини, макет Сонячної системи, шкільні посібники та ін.). Це експериментальний метод пізнання навколишнього середовища. Матеріальні моделі поділяються на фізичні та аналогові (рис. 3.8).

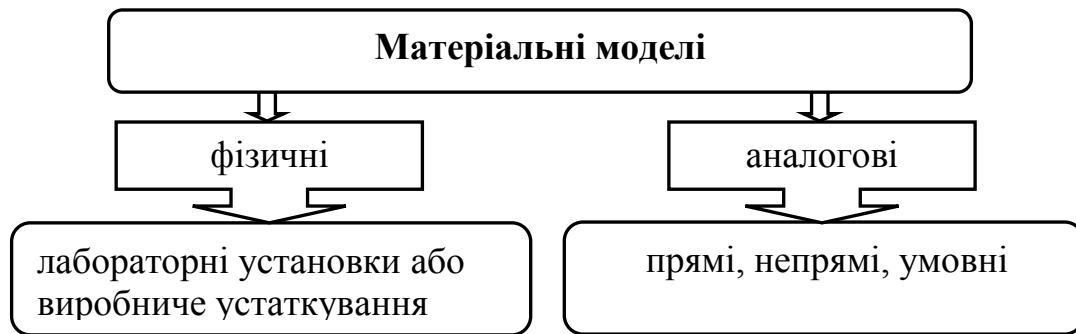


Рисунок 3.8 – Класифікація матеріальних моделей

До *фізичних* моделей відносяться різні лабораторні установки, що моделюють типові технологічні процеси, або виробниче устаткування.

Аналогові моделі відображають різні види уподобання моделі оригіналу. Розподіляють на прямі, непрямі та умовні.

Пряме вподобання отримується в результаті фізичної взаємодії з оригіналом у процесі створення моделі (масштабні моделі літаків, кораблів, будинків, шаблони, викрійки та ін.) і є найсильнішим видом уподобання. Моделі прямого уподобання – муляж, копія виробу. Але навіть для прямого вподобання моделі існує проблема переносу результатів моделювання на оригінал (результат гідродинамічних випробувань моделі корабля, за яких можна масштабувати швидкість руху за характеристикою води (в'язкість, щільність, сила тяжіння – не масштабується)).

Непряме вподобання встановлюється між оригіналом і моделлю не в результаті фізичної взаємодії, а існує об'єктивно в природі та виявляється у вигляді збігу або близькості їх абстрактних моделей. Наприклад, електромеханічна аналогія. Деякі закономірності механічних і електричних процесів описуються однаковими рівняннями, відмінність лише в різній фізичній інтерпретації змін, що входять у ці рівняння. Тому експериментування з механічною конструкцією можна замінити на дослід з електричною схемою, що простіше й ефективніше. Підслідні тварини в медиків – аналоги людського організму, автопілот – аналог льотчика тощо.

Умовне – вподобання моделі оригіналу встановлюється в результаті угоди. Приклади: посвідчення особи – модель його власника, мапа – модель місцевості, гроші – модель вартості, сигнали – моделі

повідомлень. Моделі умовного вподобання є способом матеріального втілення абстрактних моделей, формою, у якій ці абстрактні моделі зберігаються й передаються від однієї людини іншій, зберігаючи при цьому можливість повернення в абстрактну форму. Це досягається угодою про те, який стан реального об'єкта ставиться у відповідність даному елементу абстрактної моделі.

Абстрактні (ідеальні) – це моделі, що не мають реального втілення. Їхню основу становить інформація. Це теоретичний метод пізнання навколишнього середовища. Ідеальні моделі дозволяють переводити словесний (вербальний) опис системи у формальний. За ознакою реалізації вони бувають: уявні, вербальні та інформаційні (рис. 3.9).

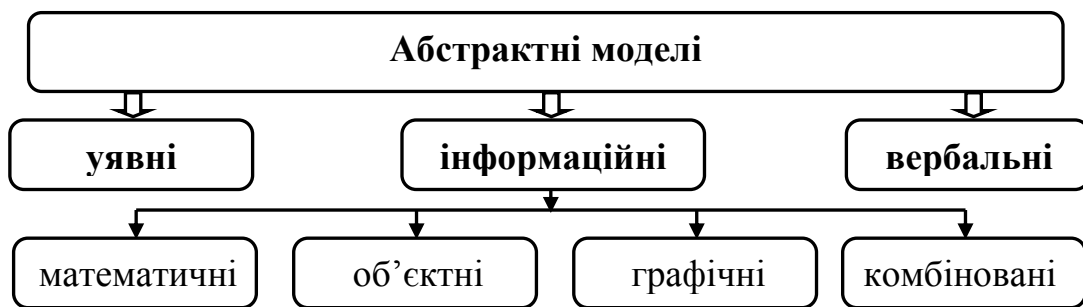


Рисунок 3.9 – Класифікація абстрактних (ідеальних) моделей

Уявні моделі формуються в уяві людини в результаті роздумів, умовиводів, іноді у вигляді деякого образу. Це модель супроводжує свідому діяльність людини. *Вербальні* моделі – уявні моделі виражені в розмовній формі. Використовуються для передачі думок. *Інформаційні моделі* – цілеспрямовано відібрана інформація щодо об'єкта, яка відображає найбільш істотні для дослідника властивості цього об'єкта.

Стосовно технологічних систем до інформаційних відносять математичні, об'єктні, графічні, комбіновані моделі.

Математичні – це сукупність математичних рівнянь, нерівностей, логічних умов та інше, які встановлюють залежність між вхідними та вихідними параметрами процесів. Використовують, якщо складові частини системи підлягають кількісному визначенню. До *об'єктних* відносять моделі, які дозволяють показати систему у вигляді машинно-апаратних схем. *Графічні* моделі відображають графічно елементи системи та технологічні зв'язки в ній. До графічних (іконографічних) моделей відносять графіки та діаграми, структурні, функціональні, операторні схеми.

Комбіновані моделі використовуються для характеристики складних систем. Для їх моделювання застосовуються комбінації математичних, об'єктних та графічних моделей. Основні види комбінованих моделей:

- модель «чорного ящика»;
- модель складу системи;
- модель структури системи;
- модель «білого ящика».

Модель «чорного ящика» ґрунтується на виділенні системи із середовища та відображенні входів та виходів. Межі між системою та середовищем, як правило, не описуються, а визнаються існуючими. Скільки та які саме входи вносити до моделі – потребує серйозного розглядання та визначається, у тому числі, цілями дослідження системи.

Використання моделі типу «чорного ящика» раціональне в тих випадках, коли під час дослідження систем у природному стані втручання в процес їх функціонування неможливе. Наприклад, під час дослідження психіки людини або впливу ліків на живий організм учений не має змоги втручатися в систему інакше, як лише через її входи, і робить висновки лише на підставі спостереження за її виходами. Часто доводиться обмежуватися моделлю «чорного ящика» у зв'язку з відсутністю даних щодо внутрішнього складу системи. Наприклад, ми не знаємо, як «улаштований» електрон, але знаємо, як він взаємодіє з електричними й магнітними полями, із гравітаційним полем. Це і є опис електрона на рівні моделі «чорного ящика».

Для вирішення питань, що стосуються внутрішнього обладнання системи, недостатньо лише моделі «чорного ящика» – необхідні більш розвинені моделі. Наприклад, будь-яка система внутрішньо неоднорідна, що дозволяє розрізняти складові частини самої системи, причому деякі частини системи у свою чергу, можуть бути розбиті на складові частини.

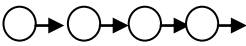
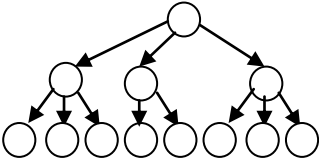
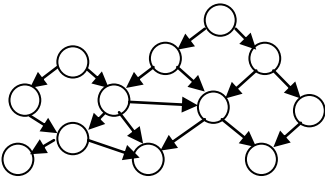
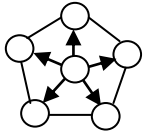
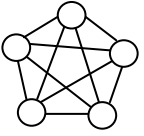
Моделі складу системи є більш розвиненими та детальними, оскільки дозволяють відрізнити внутрішній склад системи. Модель складу системи відображає, із яких частин (елементів та підсистем) складається система. Але всякий розподіл на частини відносний. Залежно від цілей або точки зору дослідника системи один і той самий об'єкт може бути наведений як елемент, а за умов більш детального уявлення – як підсистема з елементами, які до неї входять.

Модель структури системи відображає інформацію стосовно взаємозв'язків окремих елементів системи, сукупність необхідних та достатніх для досягнення мети відношень між елементами.

Відображають не всі зв'язки, яких у реальному об'єкті може бути досить багато. Модель демонструє ті зв'язки, які, на думку дослідника, є суттєвими щодо поставленої мети.

Технологічні системи можна класифікувати за структурою. Найчастіше зустрічаються види структур, що наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Види структур систем

Зображення структури	Вид структури	Характеристика
	лінійна	кожна позиція зведена з двома сусідніми, інформація передається з одного кінця в інший
	ієрархічна дерево-подібна	передбачає включення декількох підпорядкованих елементів, кожен із яких підпорядковує свої елементи, не зв'язані з іншими
	сотова	складна структура з розгалуженими зв'язками, має багато шляхів проходження інформації, що забезпечує високу надійність
	зіркова	окремий випадок ієрархії, коли центральна позиція виконує командні функції
	багато-зв'язана	кожний елемент зв'язаний із кожним, усі зв'язки рівноцінні, швидкість і надійність системи максимальні

Якщо з'єднати моделі «чорного ящика», складу й структури, то утворюється модель, яку часто називають «білий (прозорий) ящик». У «білому ящику» вказуються всі елементи системи (склад), усі зв'язки між елементами всередині системи (структура) і зв'язки певних елементів із навколишнім середовищем (входи й виходи системи), виділяються параметри системи та навколишнє середовище. Такі моделі часто називають структурними схемами системи.

Інтуїтивні моделі частіше використовують під час аналізу системи для висунення різних гіпотез. Це методи активації пошуку нових ідей. Серед них – мозковий штурм та ін.

Основне завдання й у той же час перевага моделі – виділення окремих, найбільш важливих чинників реальної системи, які

підлягають вивченню в даному конкретному дослідженні. Ці чинники повинні бути відбиті в моделі з найбільшою повнотою й деталізацією, їх характеристики в моделі мають збігатися з реальними з точністю, зумовленою вимогами даного дослідження.

Інші, несуттєві чинники можуть бути або відбиті з меншою точністю, або зовсім не бути присутніми в моделі. Виключення несуттєвих чинників є важливою перевагою моделі. Їхня наявність у реальному об'єкті заважає дослідникові, ускладнює розуміння основних закономірностей.

Поділ чинників на суттєві й несуттєві залежить від характеру конкретного дослідження. У разі зміни спрямованості дослідження змінюються вимоги до моделей і, отже, змінюється сама модель. Тому кожний реальний процес або об'єкт може бути представлений різними моделями, найчастіше зовсім несхожими одна на одну. Єдиною загальною властивістю в них може бути лише те, що вони, кожна по-своєму, відображають один об'єкт.

3.5. Процедури системного аналізу та алгоритм системних досліджень

Об'єктивною особливістю людського мислення є його системність. Системне мислення складається з аналітичного та синтетичного компонентів, тобто є комбінованим. Більшість учених відмічають, що аналітичне мислення виступає основним інструментом наукового пізнання. Воно здійснюється за допомогою логічних операцій, відповідно до яких явища та предмети розглядаються за окремими та спільними ознаками. Аналітичне мислення є розгорнутим у часі, має чітко виражені етапи, відбувається на свідомому рівні, орієнтоване на систематичне та всебічне бачення питання або проблеми в тих аспектах, які задаються об'єктивними критеріями, схильне до логічної, методичної, ретельної манери вирішення завдання. Аналітичне мислення характеризується сутнісним баченням та розумінням інформації, активним характером осмислення; комплексним використанням розумових операцій; прийняттям оптимальних практичних рішень.

Але сутністю такого мислення є не лише аналіз інформації, а і її *синтез*. Під синтезом розуміють підняття інформації на більш високий теоретичний рівень. Це явище С.Л. Рубінштейн назвав «аналіз завдяки синтезу».

Аналітичне мислення є звичайним, найбільш розповсюдженим – це роздуми про елементи, складові проблеми, ситуації. На цьому етапі відбувається нагромадження якомога більшої кількості інформації. *Синтетичне мислення* відображає, як частини, складові,

елементи працюють, взаємодіють разом. Синтез, синтетичне мислення характеризує взаємодію складових. Під синтетичним мисленням розуміють уміння бачити зв'язки, які безпосередньо не спостерігаються. Аналіз і синтез, переходячи один в одного, забезпечують безперервний рух думки до все більшого глибшого пізнання сутності явищ. Аналіз завжди виступає у взаємозв'язку з абстрагуванням, узагальненням та іншими розумовими операціями.

Ученими Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій (м. Київ) виділено такі основні етапи аналітичного мислення через аналітико-синтетичну діяльність людини:

- розумовий розподіл у процесі пізнання цілого на частини (елементний аналіз);
- перехід від конкретного до абстрактного шляхом знаходження в конкретному деяких спільних ознак з пізнавальним завданням (абстрагуючий аналіз);
- перехід від абстрактного до конкретного шляхом узагальнення спільних ознак (узагальнюючий аналіз);
- розумовий перехід від наслідку до причини того чи іншого явища або процесу;
- установлення зв'язку між причиною та наслідком за допомогою синтезу.

Таким чином, під час дослідження систем як цілого, що складається з частин, застосовують сполучення взаємозв'язаних процесів: *аналізу* та *синтезу*, або, кажучи іншими словами, *декомпозиції* та *агрегування*. У разі *декомпозиції* системи має одержуватись стільки частин, скільки елементів містить модель системи. *Агрегування* – це поєднання відокремлених незв'язаних елементів у єдине ціле. У всіх агрегатів є загальна властивість – цілісність, ємерджентність. Фактично метою створення системи (агрегування) є виникнення властивості цілісності. Декомпозиція та агрегування, як основні операції системного аналізу, можуть входити до складу різних процедур (табл. 3.3).

Таким чином, системний аналіз як метод відображає, з одного боку, проведення операції *розчленування об'єктів* у процесі їх вивчення (аналіз), а з іншого – подальшу *побудову цілісної системи* (синтез).

Загалом системний аналіз складається з наступних етапів: постановки завдання; структуризації системи та її проблем; побудови й дослідження моделі з наступним виробленням рекомендацій з удосконалення системи.

Таблиця 3.3 – Перелік деяких видів процедур системного аналізу

№ з/п	Процедура	Характеристика	Алгоритм здійснення
1	2	3	4
1	Цільовий аналіз	визначення цілей підсистем, необхідних для досягнення головної мети всієї системи	а) виділення кількісних показників для головних і основних цілей; б) деталізація (декомпозиція) цілей за підсистемами з виділенням кількісних показників; в) установлення діапазонів значень для кількісних показників цілей; г) опис взаємозв'язку окремих цільових показників
2	Інформаційний аналіз	визначення складу інформації, необхідної для контролю ситуацій і оцінки досягнення цілей	а) опис документів і повідомлень, що утворюють інформаційний інструментарій автоматизованого процесу; б) опис структури документів і їх елементів, показників, відносин, об'єктів; в) опис процедур одержання значень показників
3	Ситуаційний аналіз	визначення переліку ситуацій, що підлягають контролю в процесі функціонування системи	а) класифікація станів керованого процесу в просторі виробничих показників і виділення ситуацій (безлічі станів), загальних за технологією керування; б) установлення відповідності «ситуація-інформаційний елемент» для ув'язування елементів економічних витрат з елементами витрат керування; в) динамічні характеристики ситуацій – визначення можливої частоти їх виникнення й потрібної частоти опитування параметрів моделі ситуації для її ідентифікації; г) економічна характеристика ситуацій – опис у просторі цільових показників системних витрат, що викликані відмовою від контролю ситуацій; д) опис алгоритмічних моделей ситуацій для використання їх як елементів організаційного компонента системи керування

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4
4	Організаційно-функціональний аналіз	визначення класів процедур керування й закріплення їх за виконавцями	а) опис організаційної структури системи керування та її елементів (лінійних, функціональних і цільових підрозділів); б) закріплення ситуацій за підрозділами для супроводу моделей ситуацій і прийняття рішень щодо дій у даних ситуаціях; в) закріплення процедур підготовки й обробки даних за підрозділами й виконавцями; г) вироблення рекомендацій зі зміни складу підрозділів
5	Інформаційно-вартісний аналіз	визначення витрат на підтримку в складі системи керування кожного її елемента	а) визначення кількісних характеристик розмірів інформаційної бази (кількість екземплярів об'єктів тощо); б) установлення витрат із підтримки інформацій-них інструментів керування (витрати на зберігання, одержання, обробку, відображення); в) оцінка потреб у технічних засобах інформаційної моделі й оцінка їх завантаження

Найбільш важливим етапом системного аналізу є *постановка завдання* (див. розд. 2.3). Саме від цього етапу залежатиме весь перебіг проведення дослідження.

Другим етапом системного аналізу є *структуризація*. На цьому етапі насамперед необхідно локалізувати межі проблеми і системи та визначити їх зовнішнє середовище. Подальша структуризація проводиться окремо для зовнішнього середовища та самої системи. У зовнішньому середовищі встановлюють у вигляді підсистем елементи, що утворюють вертикаль досліджуваної системи. Іншу частину зовнішнього середовища розглядають або в сукупності, або проводять подальшу структуризацію залежно від характеру поставленого завдання. Структуризація самої системи полягає в розбиванні її на підсистеми відповідно до поставленої мети досліджень. Завершується етап структуризації визначенням усіх суттєвих зв'язків між нею та системами, відокремленими в зовнішньому середовищі. Таким чином, для кожної з виділених у процесі структуризації систем визначають її входи та виходи.

Побудова моделі, або моделювання – третій етап системного аналізу, який використовують для вивчення й аналізу будь-яких

складних систем, процесів і об'єктів (див. розд. 3.4). Моделювання є закінченням процедури декомпозиції. Якість моделі при цьому визначається повнотою (всебічне глибоке вивчення об'єкта) та простотою (розміри моделі в ширину та в глибину). Тобто під час декомпозиції повинен бути компроміс між потрібною повнотою розглядання системи та бажаною простотою уявлення системи.

Завершальним етапом системного аналізу є *дослідження моделі*. Основне призначення цього етапу – з'ясування поведінки об'єкта або процесу, що моделюється, в різних умовах, за різних станів зовнішнього середовища й самого об'єкта. Для цього варіюють параметри моделі, що характеризують стан об'єкта, і задають на її входах різні значення параметрів, які відповідають впливу зовнішнього середовища.

Отримані результати дозволяють прогнозувати поведінку досліджуваного об'єкта у відповідних умовах, а самі результати аналізують на відповідність передбаченої траєкторії функціонування системи прийнятим цілям і критеріям. На основі аналізу видозмінюють або параметри моделі, або керуючі впливи, або й те й інше та повторюють дослідження, поки не будуть отримані задовільні результати.

Упровадження *системного аналізу* дозволяє:

- вирішувати проблему, яка не може бути вирішена за допомогою будь-якого одного методу;
- використовувати єдину методикку, яка поєднує різні методи;
- застосовувати формальні та неформальні методи, використовувати параметричну та непараметричну інформацію.

Особливості систем, які вивчаються, різні цілі, що ставляться, вибір альтернативних варіантів рішення, комбінування різних методів та видів інформації, що використовується, призводить до великого різноманіття *алгоритмів дослідження*.

Прикладний системний аналіз є методикою або, у деякому сенсі, «технологією» поліпшення систем. Як і будь-яка технологія, системний аналіз передбачає послідовне виконання певних операцій. Кожна операція має мету, після виконання кожної операції очікується певний результат. На рис. 3.10 наведено алгоритм прикладного системного аналізу.

Формування мови опису системи складається з визначення термінів опису системи та визначення цільових властивостей системи мовою опису системи. *Побудова моделі системи* полягає в установленні взаємозв'язку між параметрами системи та її цільовими властивостями; в описі цих взаємозв'язків у термінах опису системи. Під *виявленням проблеми* розуміють пошук критичних параметрів – параметрів системи, що негативно впливають на її цільові властивості. Перевірка полягає у виявленні кореляції значень критичних параметрів системи й відхилень її цільових властивостей від бажаних значень.

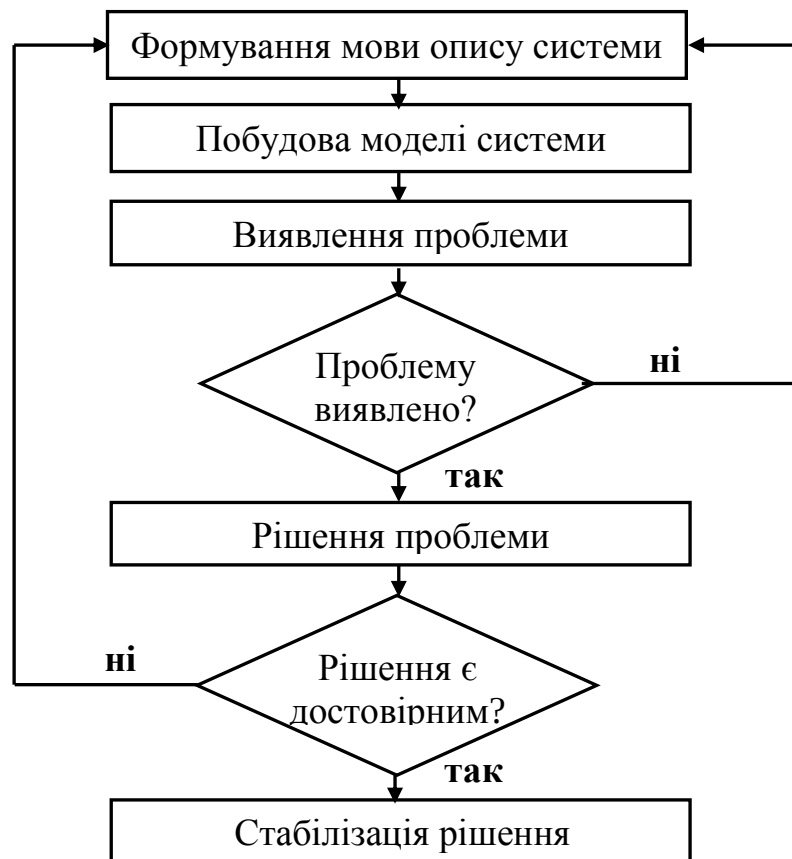


Рисунок 3.10 – Алгоритм прикладного системного аналізу

Рішення проблеми містить виявлення кореневих причин проблеми системи; визначення дій щодо поліпшення системи та впровадження цих дій. Перевірка на цьому етапі спрямована на виявлення кореляції значень критичних параметрів системи й покращення її цільових властивостей. *Стабілізація рішення* – це стандартизація поліпшуючих дій, ефективність яких доведена, та відстеження кореляції стану критичних параметрів системи й досягнутого результату.

Якість виконання системного аналізу підтверджується ефективністю дій щодо зміни системи, які приводять до вирішення проблеми системи. Тому для повноцінного виконання системного аналізу неможливо обмежитися лише «аналізом системи» (зрозуміти природу проблеми), а потрібно знайти правильні поліпшуючі дії та втілити їх («синтезувати» поліпшення) – створити або змінити систему й переконатися в ефективності розпочатих дій.

Існує велика кількість методик системних досліджень:

- методика системного аналізу за типом проблеми, що вирішується, і методом реалізації;
- концептуальна схема універсального вирішувача системних завдань (УВСЗ);

- метод алгоритмів, що саморазгортаються;
- SADT-методологія тощо.

Поширеним інструментом прикладного системного аналізу є програмний продукт almaGRID. AlmaGRID призначається для вирішення складних завдань системного аналізу в різних галузях (соціальних, фінансових, технічних та інженерних, виробничих системах тощо). AlmaGRID є надбудовою програми MS Excel®, розширюючи її функціональні можливості. Дане програмне забезпечення дозволяє:

- визначити терміни опису системи;
- побудувати модель системи;
- виявити критичні параметри системи;
- проаналізувати сценарії поведінки системи;
- виробити адекватну стратегію її поліпшення.

Після установки програми на комп'ютер у головному меню Microsoft Excel® з'явиться пункт «almagrid», натиснувши на який відкривається доступ до функцій almagrid. Розділи меню «almagrid» (Терміни й Критерії; Гріди; Об'єкти) служать безпосередньо для виконання операцій системного аналізу з формування мови опису системи, побудови моделі системи й виявлення проблеми (рис. 3.11).

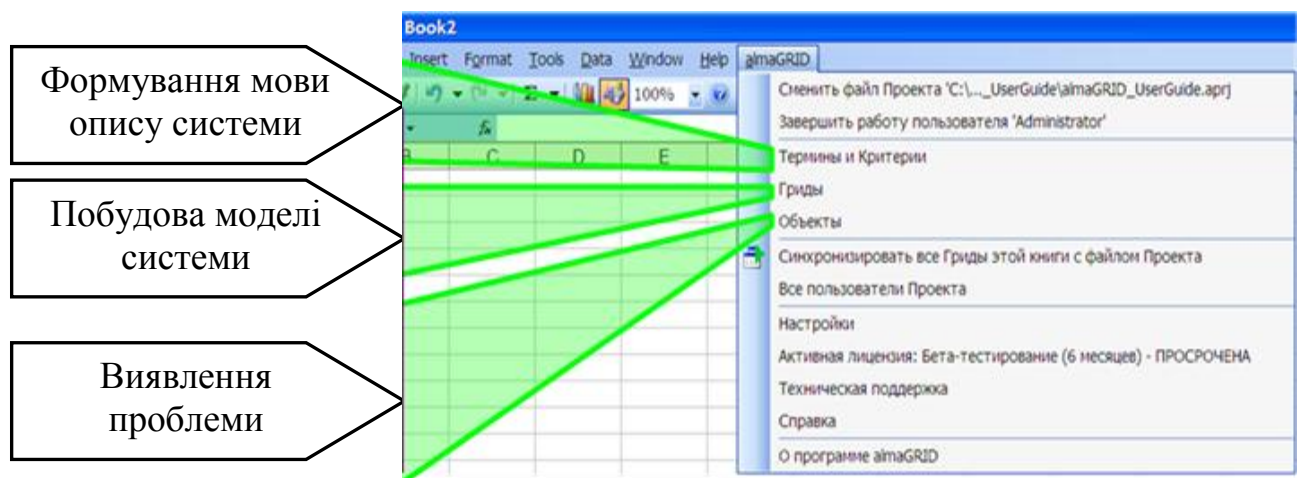


Рисунок 3.11 – Функції almaGRID, що відповідають за початкові операції системного аналізу

Питання для самоперевірки

1. Дайте характеристику основним етапам виникнення та розвитку теорії систем.
2. Охарактеризуйте поняття «системний підхід» та «системний аналіз».
3. Що таке система? Яким чином здійснюється її функціонування?

4. Опишіть схему функціонування системи.
5. Як Ви розумієте поняття «системне оточення»?
6. Яку функцію виконують зв'язки системи та чим вони характеризуються?
7. Назвіть основні структурні елементи системи.
8. Дайте класифікацію зв'язків системи. Опишіть їх.
9. Що Ви розумієте під поняттям «структури системи»?
10. Яким чином класифікують мету системи?
11. Дайте характеристику системам за різними ознаками.
12. Як Ви можете пояснити поняття «складний» та «великий», «простий» та «малий», застосовуючи до систем?
13. Що таке добре організовані системи?
14. Як Ви розумієте погано організовані системи?
15. Які особливості властиві системам, що самоорганізуються?
16. Назвіть основні властивості та закономірності систем.
17. Що відображає показник цілісності системи?
18. Порівняйте такі властивості системи: точність, стійкість, стабільність.
19. У чому полягає ієрархічність системи?
20. Що таке системність? Як Ви розумієте системність світу та людського мислення?
21. Опишіть поняття моделювання як інструмент системного аналізу.
22. Які причини застосування моделей замість прямої взаємодії з реальним світом?
23. Які переваги вивчення процесів та систем на моделях?
24. Назвіть вимоги, що висуваються до методів моделювання.
25. Охарактеризуйте основні етапи моделювання.
26. Що таке модель і якою вона буває?
27. Яким чином класифікують ідеальні моделі?
28. Що таке модель «чорного ящика»?
29. Як Ви розумієте модель складу системи?
30. Що відображає модель структури системи та які види структур систем Ви знаєте?
31. Які основні процедури характерні для системного аналізу?
32. Аналітичне та синтетичне мислення. Що це таке?
33. Охарактеризуйте поняття декомпозиції та агрегування.
34. Назвіть основні етапи системного аналізу та охарактеризуйте їх.
35. Охарактеризуйте алгоритм прикладного системного аналізу.
36. Які Ви знаєте методики системних досліджень?

РОЗДІЛ 4

МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Застосування математичного планування експерименту в наукових дослідженнях

На процеси, із якими мають справу інженери-технологи підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства, впливають численні чинники. Створення нових технологій, удосконалення вже існуючих потребують, як правило, постановки великої кількості дослідів. Проте експеримент має бути проведений в можливо коротші терміни з мінімальними витратами матеріальних ресурсів за найвищої якості отриманих результатів. Саме методи оптимального планування експерименту дозволяють спростити та систематизувати проведення досліджень.

Планування експерименту – це вибір числа дослідів та умов їх проведення, необхідних та достатніх для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю. Існує велика кількість методів планування експерименту (повний факторний експеримент, дрібний факторний експеримент, симплекс-планування та ін.). Вибір методу здійснюється з урахуванням постановки завдання та визначенням об'єкта дослідження. Планування експерименту починається з вибору об'єкта досліджень (крок 1, рис. 4.1).

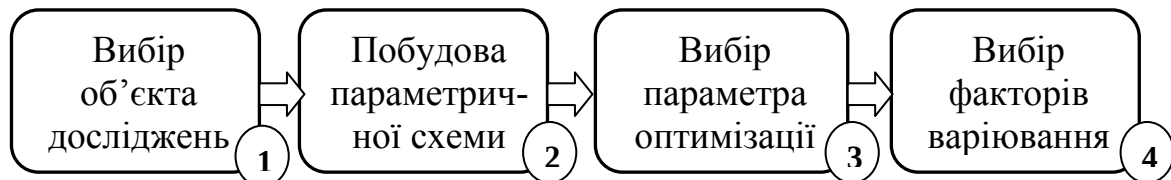


Рисунок 4.1 – Основні елементи планування експерименту

Об'єкт дослідження – це цілісне утворення елементів об'єктивної реальності (процес, явище), що породжує проблемну ситуацію та обране для вивчення й подальшого впливу.

Наприклад, у кондитерській промисловості вирішується завдання поліпшення якості продукції. Отже, як об'єкти дослідження обирають сировину, напівфабрикати та готову продукцію кондитерської галузі.

Під час планування експерименту об'єкт дослідження повинен мати дві обов'язкові властивості:

- результати експерименту на цьому об'єкті повинні бути відтворюваними (не змінюватись від досліду до досліду);
- об'єкт повинен бути таким, що ним можна керувати.

Визначення мети й завдань експерименту – один із найбільш важливих етапів дослідження. На основі аналізу інформації, гіпотези та теоретичних розробок обґрунтовують цілі та завдання експерименту.

Уся наукова інформація тією чи іншою мірою дозволяє робити висновки про очікувані закономірності процесу, що вивчається, а отже, і визначити завдання експерименту. Однією з найрозповсюджених задач, що можуть ставитися у харчовій промисловості, є пошук оптимальних умов. Такі задачі називаються задачами оптимізації. Процес їх вирішення називається *процесом оптимізації* або просто *оптимізацією*.

Найчастіше параметром оптимізації технологічних процесів є:

- підвищення виходу виробів;
- зниження енерговитрат;
- зниження собівартості;
- поліпшення споживчих властивостей;
- максимальне наближення до заданих показників якості продукції тощо.

Для правильного вибору параметра оптимізації будь-якого технологічного процесу необхідно:

- з'ясувати особливості та напрямки проведення даного технологічного процесу (максимізація або мінімізація);
- сформулювати мету дослідження;
- визначити, який із параметрів процесу необхідно оптимізувати (цей параметр переважно називають параметром або критерієм оптимізації Y).

Технологічні процеси на етапах дослідження підлягають різній мірі формалізації та деталізації залежно від їх складу, структури, властивостей, внутрішнього та зовнішнього впливу. Останнім часом поряд із фізичними моделями все більшого поширення набувають абстрактні математичні моделі. Використання в дослідженні технологічних процесів кібернетичних методів моделювання дає можливість дослідникові уявити процеси, які вивчаються, у вигляді параметричної моделі «чорний ящик» (крок 2, рис. 4.1) з урахуванням вхідних параметрів, що на нього впливають, та вихідних параметрів, які визначають мету його функціонування (рис. 4.2).

Усі параметри, що впливають на виробничий процес, можна поділити на три групи. *Керовані* $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ – це параметри, що контролюються, їх значення піддаються вимірюванню та цілеспрямованому змінненню в ході експерименту. Такі параметри називають факторами варіювання.

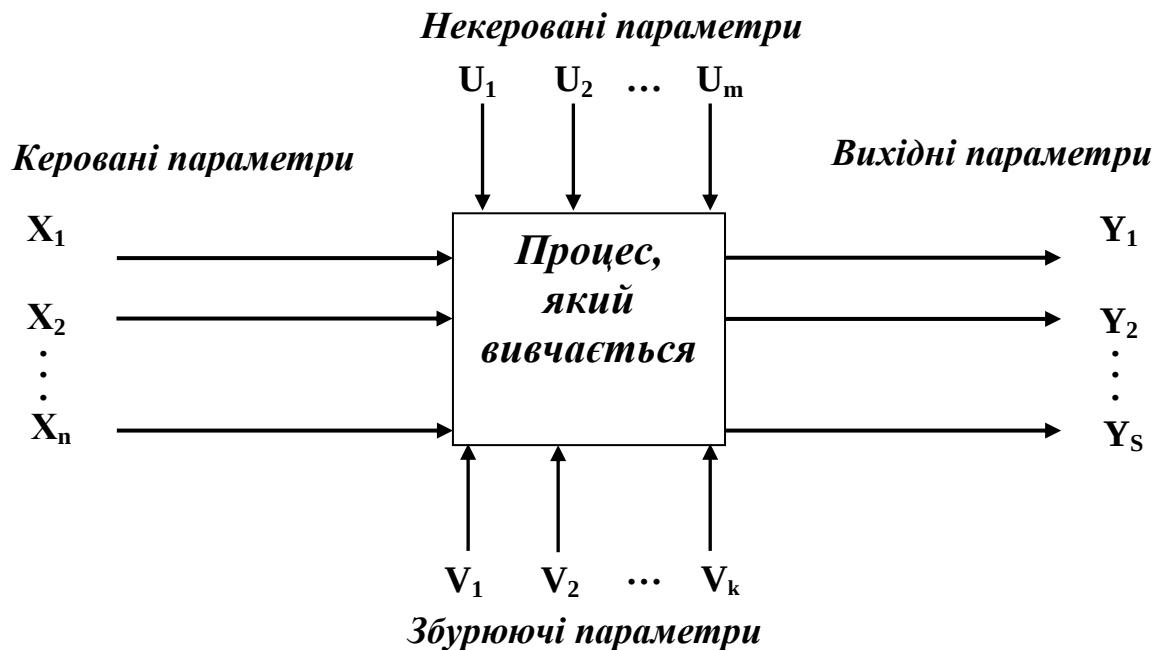


Рисунок 4.2 – Параметрична схема елемента технологічної системи – модель «чорний ящик»

Некеровані $U=(U_1, U_2, \dots, U_m)$ – це параметри, що контролюються, вони піддаються вимірюванню, але їх цілеспрямоване змінення в ході експерименту не допускається. До *збурюючих* параметрів $V=(V_1, V_2, \dots, V_k)$ відносяться випадкові впливи, які неможливо виміряти кількісно. Група *вихідних* параметрів $Y=(Y_1, Y_2, \dots, Y_s)$ характеризує якість досліджуваного елемента технологічної системи. Вихідні параметри зазвичай визначаються кількісно, до них відносять показники якості продукту, собівартість або сировинні витрати тощо.

Згідно з принципами кібернетичного моделювання, щоб процес був здатний функціонувати, він повинен мати хоча б один вихід і один вхід. Перетворення вхідного параметра у вихідний записують у вигляді функції:

$$Y = T(X), \quad (4.1)$$

де T – оператор трансформації, що являє собою закон переходу X в Y .

Елементи впорядкованої сукупності множин T, Z, X, U, V, Y називаються: $t \in T$ – моментом часу, $z \in Z$ – станом елемента, $x \in X$ – керованим, $u \in U$ – некерованим, $v \in V$ – збурюючим, $y \in Y$ – вихідним параметрами.

Стан елемента в момент часу t позначається $z(t)$, а параметри, які надходять в елемент (виходять з елемента) у момент часу t – $(x) t, u(t), v(t)$ та $y(t)$. Процес функціонування елемента складається з послідовної заміни стану згідно з сигналами (впливом), що надходять і впорядковуються залежно від моментів їх виникнення.

Якщо за фіксованих умов досліду в різний час одержують один і той самий вихід у межах заданої та відносно не дуже великої помилки експерименту (2...5 %), то *експеримент* називається *відтворюваним*. Для виявлення відтворюваності експерименту обирають деякі рівні для усіх факторів, у яких проводять серію експериментів та порівнюють одержані значення параметра оптимізації Y . Розкид показань характеризує відтворюваність результатів. Якщо він не перевищує деякої, що раніше задана, величини (вимог до точності експерименту), то об'єкт вважають таким, що задовольняє вимоги відтворюваності результатів.

Планування експерименту допускає активне втручання в процес та можливість вибору в кожному досліді тих рівнів факторів, які найбільше цікавлять.

Експериментальне дослідження впливу вхідних параметрів (факторів) на вихідні може проводитись методом пасивного та активного експерименту. Якщо експеримент зводиться до спостереження за поведінкою системи за випадкових (стохастичних) змін вхідних параметрів, то він називається *пасивним*.

Якщо за проведення експерименту вхідні параметри змінюються за завчасно складеним (тим, що залежить від волі експериментатора) планом, він має назву «*активний*».

Об'єкт, на якому можливий активний експеримент, називається керованим. Проте на практиці немає абсолютно керованих об'єктів. На реальний об'єкт діють як керовані, так і некеровані фактори. Некеровані фактори впливають на відтворюваність експерименту.

Якщо всіма факторами не можна керувати, то експеримент зводиться до пасивного; якщо фактори змінюються в часі, необхідно використовувати спеціальні методи планування.

Модель дозволяє оцінити поведінку об'єкта за різноманітних змін вхідних змінних. Після отримання моделі можна поставити задачу знаходження заданих значень, які характеризують якісні та кількісні показники харчової продукції. Знаходження цих значень вхідних змінних може відбуватись за рахунок використання математичних методів щодо аналізу моделей або безпосередньо постановкою так званих «екстремальних» експериментів.

Під час планування екстремального експерименту дуже важливо вибрати *параметри* та *фактори* оптимізації. Для їх вибору необхідно зібрати апріорну інформацію стосовно об'єкта дослідження та процесу, який буде оптимізуватися.

Від правильності вибору *параметра оптимізації* (крок 3, рис. 4.1) залежить правильність постановки задачі експерименту. Зважаючи на це, під час вибору параметра оптимізації необхідно дотримуватися наступних вимог (рис. 4.3).

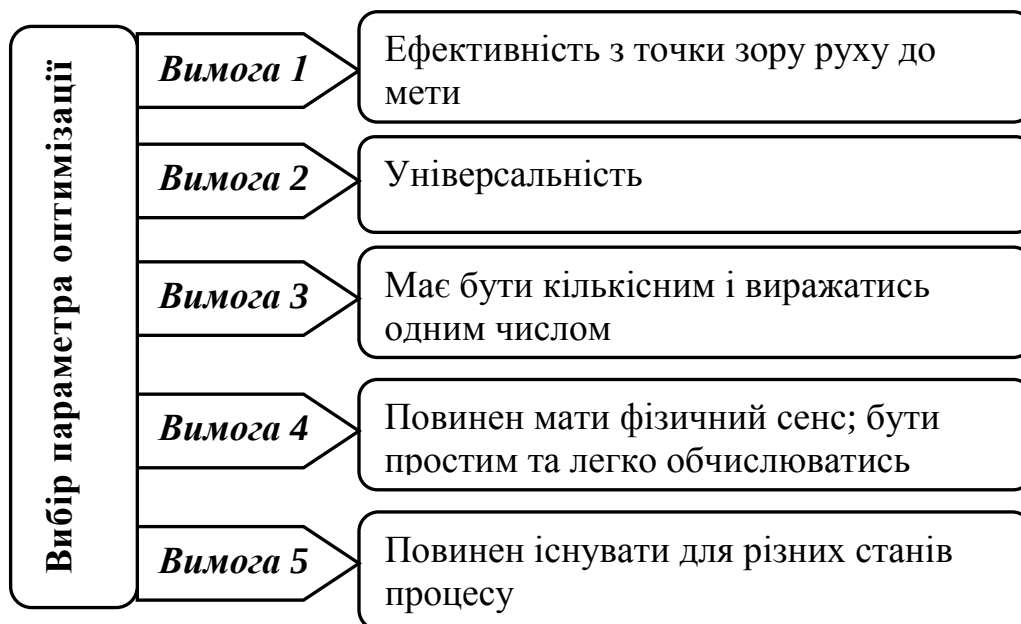


Рисунок 4.3 – Вимоги до параметра оптимізації

Реальні ситуації завжди складні, вони потребують одночасного урахування декількох або багатьох параметрів. Проте прямування до оптимуму можливе, якщо обраний один-єдиний параметр оптимізації. При цьому інші характеристики процесу вже не є параметром оптимізації, а стають обмеженням. Інший шлях – це побудова узагальненого параметра оптимізації як деякої функції від множини вхідних. Побудова узагальненого параметра оптимізації пов'язана зі створенням єдиної ознаки, що кількісно визначає функціонування досліджуваного об'єкта з багатьма вихідними параметрами.

Після вибору об'єкта дослідження й параметра оптимізації потрібно розглянути всі фактори, які можуть впливати на процес. Якщо який-небудь істотний фактор виявиться неврахованим і прийматиме довільні значення, не контрольовані експериментатором, то це значно збільшить помилку досліду.

Неможливо врахувати абсолютно всі входи, оскільки їх може бути велика кількість. Проте також неможна й зневажати деякими з них, які впливають на систему незначною мірою.

Тому просте, на перший погляд, питання про те, скільки та які саме входи складають моделі, потребує серйозного розгляду та визначається, перш за все, метою дослідження системи (крок 4, рис. 4.1).

Потрібно знати, що вибір вхідних параметрів – це встановлення основних та другорядних характеристик, які впливають на досліджуваний процес. Тому спочатку підлягають аналізу розрахункові (теоретичні) схеми процесу. Потім на основі цього класифікують усі параметри та складають із них убуючий за важливістю для даного експерименту ряд.

Правильний вибір основних і другорядних параметрів відіграє важливу роль в ефективності експерименту, оскільки експеримент зводиться до знаходження залежностей між цими параметрами.

В окремих випадках важко одразу виявити роль основних і другорядних параметрів. При цьому необхідно виконати невеликий за обсягом попередній пошуковий дослід.

Основним принципом визначення ступеня важливості характеристики є її роль у досліджуваному процесі. Для цього вивчають залежність процесу від будь-якого одного вхідного параметра (змінного) за решти постійних. Такий принцип проведення експерименту виправдовує себе лише в тих випадках, коли змінних мало – не більше трьох. Якщо ж змінних величин багато, доцільним є принцип багатфакторного аналізу, що розглянемо нижче.

Для вибору вхідних параметрів під час постановки експерименту з усіх факторів, що впливають на процес, який вивчається, виявляють, наприклад, ті два, що є більш вагомими для цього процесу. Ця операція має назву ранжування, а обрані фактори називають факторами варіювання (x_1 та x_2). Ранжування – це визначення відносної значимості (переваги) досліджуваних об'єктів на основі їхнього впорядкування. Інші фактори, як правило, можуть бути умовами обмеження.

Усі фактори можна поділити на якісні та кількісні. *Якісні фактори* неможливо виразити числом, до них відносяться різноманітні речовини, технологічні засоби, апарати та інше. *Кількісні фактори* мають числове значення. Наприклад, як кількісні фактори під час розглядання технологічних процесів виступають масова частка рецептурних інгредієнтів, температура, вологість, час, тиск, значення рН середовища тощо.

Фактор вважається заданим, якщо разом із його назвою зазначена область його визначення, тобто сукупність усіх значень, що він може приймати. Кожний фактор має область визначення. У практичних задачах області визначень факторів обмежені верхнім і нижнім значеннями.

Отже, фактори – це змінні величини, що відповідають засобам впливу зовнішнього середовища на об'єкт. Під час планування експерименту до факторів варіювання висувають певні вимоги (рис. 4.4).

Фактори повинні бути *керованими*, це означає можливість їх одночасного упровадження на обраних рівнях і підтримування цих значень протягом дослід.

Фактори повинні бути *однозначними* і *безпосередньо впливати* на об'єкт дослідження. У плануванні експерименту можуть брати участь складні фактори, такі як логарифми концентрацій, співвідношення між інгредієнтами тощо.



Рисунок 4.4 – Вимоги до факторів варіювання

Точність виміру факторів повинна бути якомога високою, проте з урахуванням поставленої задачі. Так, якщо вивчається процес, що триває десять годин, то немає потреби враховувати секунди. У реакціях, що тривають хвилини, варто відраховувати і секунди.

У процесі планування експерименту, як правило, одночасно змінюються декілька факторів. До сукупності факторів висувають вимоги щодо їхньої сумісності та взаємної незалежності.

Сумісність факторів означає, що всі їхні комбінації здійснювані та безпечні. Наприклад, не призведуть до вибуху апарата або пошкодження приладу, що реєструє, або до погіршення якості продукту.

Незалежність факторів – можливість установлення фактора на будь-якому рівні поза залежністю від рівнів інших факторів. Якщо ця умова не виконується, експеримент планувати не можна.

Під час планування експерименту дослідник повинен розглядати вплив якомога більшої кількості факторів (звичайно, в розумних межах). Але чим більше факторів, тим більше дослідів має бути проведено для розв’язання поставленої задачі.

Як приклад наводиться модель «чорний ящик» для *оптимізації* процесу бродіння тіста як одного найголовніших етапів технології виробництва хліба. Метою бродіння є розпушення тіста, надання йому певних структурно-механічних властивостей, необхідних для наступних операцій, а також накопичення речовин, які забезпечують смак, аромат та забарвлення готового виробу. Параметричну модель процесу бродіння тіста для хліба пшеничного («чорний ящик») наведено на рис. 4.5.

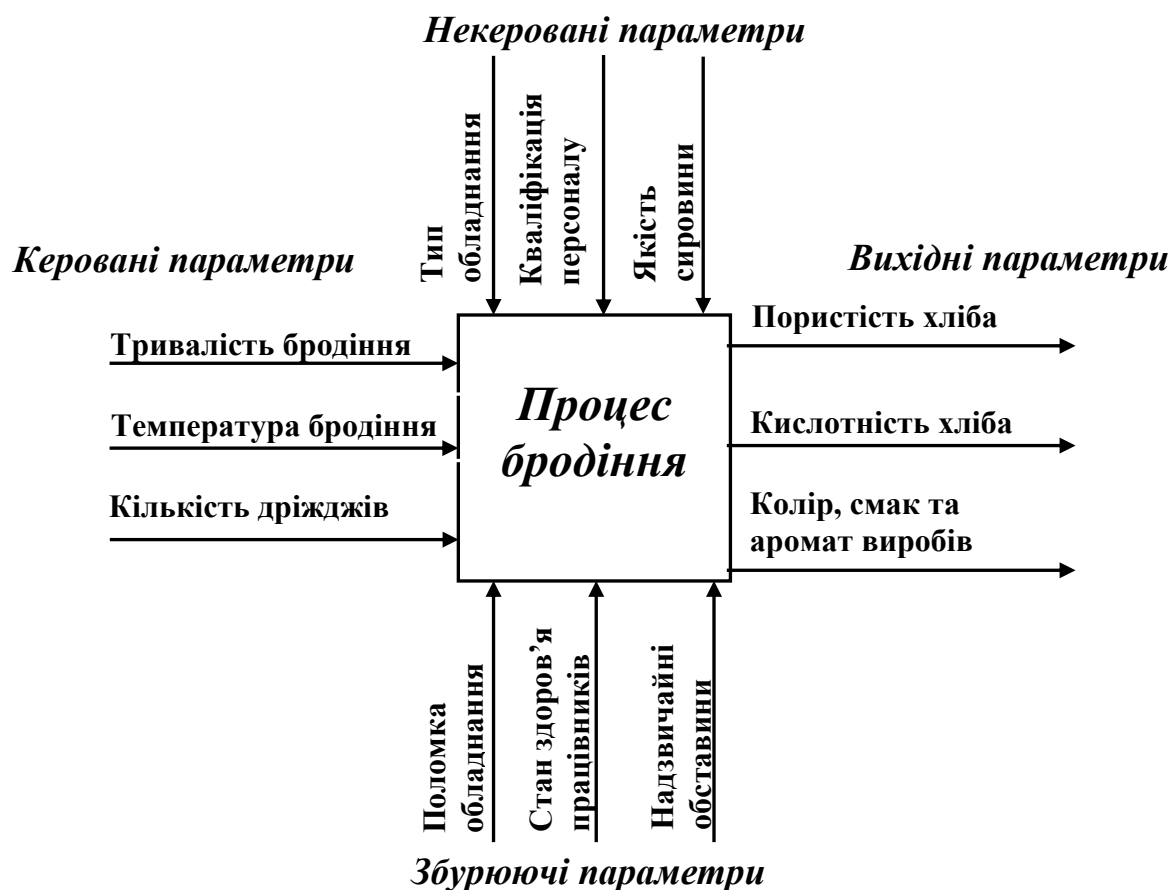


Рисунок 4.5 – Параметрична модель процесу бродіння тіста для хліба пшеничного

На основі розглянутих вхідних та вихідних параметрів за допомогою ранжування вибрали найбільш значущі фактори, які необхідні для досягнення поставленої мети. Значущі фактори обрано з урахуванням даних літературних джерел та власного практичного досвіду дослідника. Як критерій оптимізації обрано *пористість*; факторами варіювання цього процесу обрали *температуру* (x_1) та *тривалість* бродіння (x_2). Як видно з даного прикладу, фактори варіювання та параметр оптимізації відповідають усім вищевказаним вимогам до них.

Проведений експеримент перевіряє правильність та точність вибраних параметрів оптимізації та факторів варіювання. Якщо їх обрано неправильно, експеримент потрібно буде повторити.

В експериментах застосовують певні методи (хімічні, фізичні, фізико-хімічні, біохімічні, математичні, соціологічні) та методики досліджень. Методи вимірювань повинні базуватись на законах спеціальної науки – метрології, яка вивчає засоби та методи вимірювань.

Методика дослідження являє собою систему прийомів та засобів для послідовного найбільш ефективного здійснення експериментального дослідження. Важливим розділом методики є вибір методів обробки та аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експериментів повинні бути зведені в таблиці, графіки, формули, номограми, які дозволяють швидко та якісно зіставити одержані результати.

Особливу увагу в методиці потрібно приділити математичним методам обробки та аналізу дослідних даних – установленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між варіюючими характеристиками, встановленню критеріїв та довірчих інтервалів.

Під час проведення обробки результатів експериментальних досліджень доцільно використовувати спеціалізовані математичні прикладні пакети, наприклад, пакет Mathcad.

4.2. Поверхня відгуку та рівняння регресії

Технологічний процес може бути охарактеризований деякою залежністю параметра оптимізації Y від факторів варіювання $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, що впливають на вихід системи. Тому вивчення будь-якої системи можна уявити як дослідження функції багатьох змінних, тобто пошуку залежності, що має такий вигляд:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (4.2)$$

де n – число факторів варіювання.

Вихідна змінна Y – це реакція об'єкта на вхідну дію. Вона має назву *функції відгуку*.

Побудова моделі полягає в знаходженні аналітичних виразів між вхідними та вихідними параметрами моделі. Результати моделювання іноді доцільно представити у вигляді відповідних геометричних зображень.

Наприклад, якщо проводиться однофакторний експеримент $y = f(x_1)$, то поверхня відгуку стискається в лінію на площині (рис. 4.6). Умовою оптимального проведення такого процесу буде рівність: $x_1 = x_{1opt}$.

За двофакторного експерименту $Y = f(x_1, x_2)$ поверхня відгуку буде розташовуватися в тривимірному факторному просторі (рис. 4.7). У цьому випадку кожній точці на площині x_1 та x_2 буде відповідати визначена точка на поверхні відгуку.

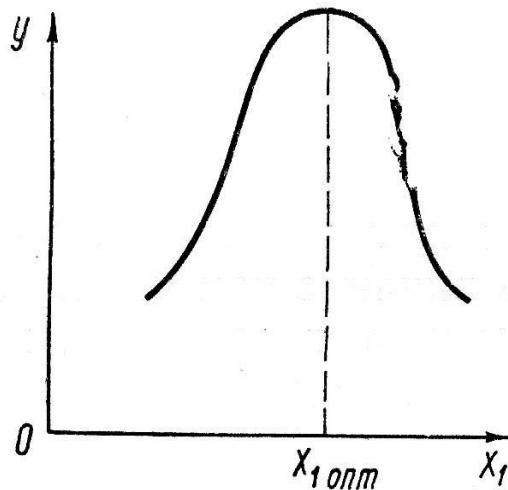


Рисунок 4.6 – Залежність результату процесу від одного фактора $Y = f(x_1)$

Якщо зробити перетин поверхні відгуку площинами, паралельними площині $x_1 O x_2$ (рис. 4.7), і отримані в перетинах лінії ($Y_1 = \text{const}$ та ін.) спроектувати на площину $x_1 O x_2$, то поверхня відгуку для двофакторного процесу буде зображена на площині аналогічно горизонталям на топографічних картах.

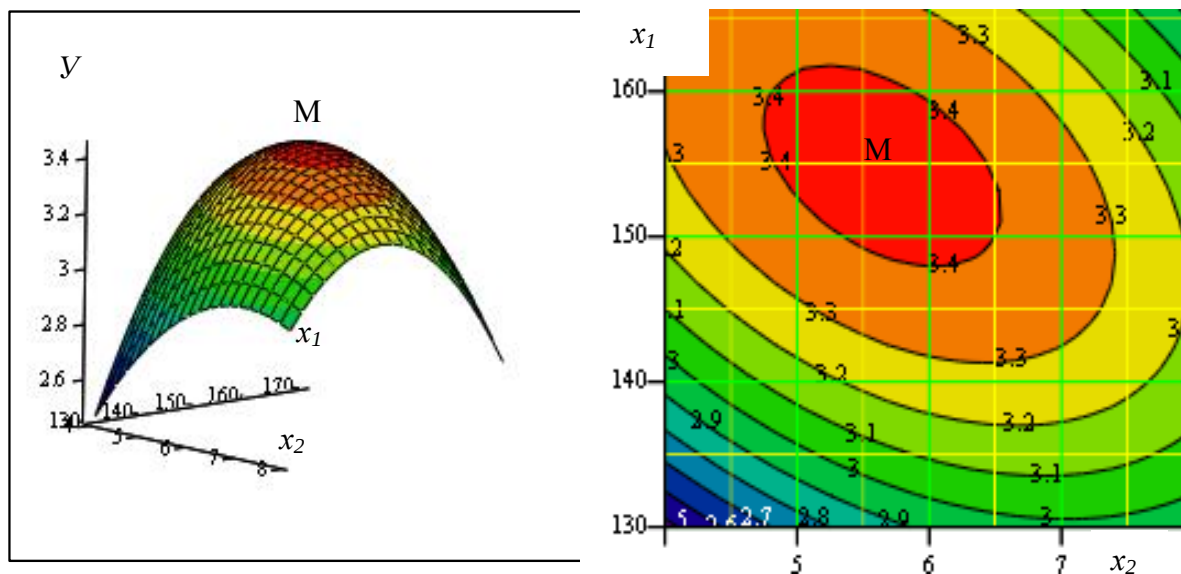


Рисунок 4.7 – Поверхня відгуку за двофакторного експерименту

Кожна лінія відповідає конкретному значенню параметра оптимізації Y і називається лінією рівного відгуку. Як видно на рис. 4.7, функція в точці M приймає максимальне значення і може бути використана як параметр оптимізації.

За три- та більше факторного експерименту залежність називається рівнянням регресії, яке має вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^n b_{ij} x_i^2 + \dots, \quad (4.3)$$

де b_0, b_i, b_{ij} – коефіцієнти рівняння;

x_i, x_j – фактори рівняння;

y – вихід процесу.

На практиці намагаються обмежитись лінійною моделлю (алгебраїчний поліном першого ступеня). Для цього експерименти проводять у досить невеликій області поверхні відгуку. При цьому рівняння регресії буде мати вигляд:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2. \quad (4.4)$$

Якщо необхідне описання більш широкої області, то додаються члени другого та більше ступеня.

4.3. Методи планування експерименту

Повний факторний експеримент

Існує велика кількість методів планування експерименту. Найбільш широко застосовують повний факторний експеримент, дрібний факторний експеримент або послідовний метод побудови математичної моделі.

Експеримент, у якому реалізуються всі можливі сполучення факторів на обраних рівнях, називається *повним факторним експериментом (ПФЕ) 2^n* . Фактори, які досліджують, варіюють на двох рівнях. У цьому випадку при відомому числі факторів кількість дослідів в експерименті, необхідних для реалізації всіх можливих сполучень факторів, розраховують за формулою:

$$N = 2^n, \quad (4.5)$$

де N – кількість дослідів;

n – кількість факторів варіювання;

2 – кількість рівнів факторів.

Перш ніж приступити до планування повного факторного експерименту, необхідно вирішити питання щодо вибору локальної області факторного простору (де її вибирати та якою вона має бути) (рис. 4.8).



Рисунок 4.8 – Вибір локальної області факторного простору

Вибір експериментальної області пов'язаний із ретельним аналізом апріорної інформації. Оцінка меж області визначення факторів проводиться на основі принципових обмежень або виходячи з техніко-економічних показників.

Як правило, значення факторів у планах та розрахунках виражають через безрозмірні величини X_i .

Для зручності інтерпретації результатів експерименту та в розрахунках застосовують кодовані значення змінних. Для їх визначення натуральні величини факторів C_1 переводяться в кодовані (операція кодування) за формулою:

$$X_i = (C_i - C_{i0}) / \lambda_i, \quad (4.6)$$

де C_i – натуральне значення фактора варіювання, яке переводиться в кодоване;

C_{i0} – значення фактора в нульовій точці;

λ_i – інтервал варіювання.

При цьому прийняті значення факторів варіювання будуть такими, які показано в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Кодовані значення факторів варіювання на їх рівнях

Рівень фактора	Кодове позначення
Нульовий рівень	0
Інтервал варіювання	λ_i
Нижній рівень	–
Верхній рівень	+

Область визначення двох факторів наведено на рис. 4.9. Її сутність полягає в тому, що початок координат факторного простору переноситься в точку з координатами X_i (центр експерименту – точка 0), де:

$$X_i = (X_{i \min} + X_{i \max}) / 2. \quad (4.7)$$

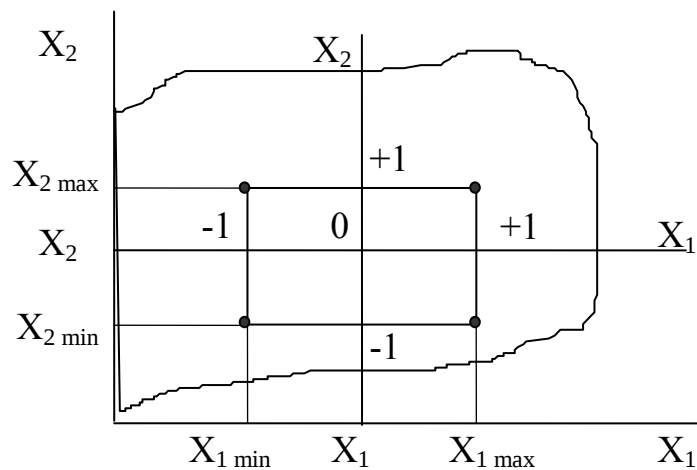


Рисунок 4.9 – Область визначення функції для випадку факторів X_1 та X_2

Крім того, інтервал варіювання $\lambda_i = 0,5 (X_{i \max} - X_{i \min})$ розбивається на низку рівнів, що симетричні відносно центру експерименту. При цьому значенням $X_{i \max}$ відповідає кодована змінна $x_i = +1$, а $X_{i \min} - x_i = -1$. Для кількісних факторів зв'язок між фізичними (X_i) та кодованими (x_i) значеннями факторів визначається співвідношенням:

$$x_i = (X_i - X_{i0}) / \lambda_i.$$

Умови проведення повного факторного експерименту записують у вигляді таблиці, де рядки відповідають різним дослідом, а стовпчики – значенням факторів. Такі таблиці називаються *матрицями планування*. Кожний стовпчик матриці має назву вектор-стовпчик, а кожний рядок – вектор-рядок. Для двофакторного експерименту кількість дослідів складатиме $2^2 = 4$ (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Матриця повного факторного експерименту ПФЕ 2^2

Дослід	Рівні факторів		Функція відгуку Y_k
	X_1	X_2	
1	–	–	Y_1
2	+	–	Y_2
3	–	+	Y_3
4	+	+	Y_4

Для двох факторів усі можливі комбінації легко виявити простим перебиранням. Зі зростанням кількості факторів виникає необхідність застосування деяких прийомів побудови матриць. Зазвичай використовують *три прийоми*, засновані на переході від матриць меншої розмірності до матриць більшої розмірності.

Прийом перший. У разі додавання нового фактора кожна комбінація рівнів початкового плану зустрічається два рази: у сполученні з нижнім та верхнім рівнем нового фактора. Тому сутність прийому полягає в тому, що записується початковий план для одного рівня нового фактора, а потім він повторюється вже для другого рівня. Наприклад, під час переходу від ПФЕ 2^2 до ПФЕ 2^3 кількість дослідів складатиме $2^3 = 8$, а матриця експерименту набуває наступного вигляду (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Матриця повного факторного експерименту ПФЕ 2^3

Дослід	Рівні факторів			Функція відгуку Y_k
	X_1	X_2	X_3	
1	–	–	+	Y_1
2	+	–	+	Y_2
3	–	+	+	Y_3
4	+	+	+	Y_4
5	–	–	–	Y_5
6	+	–	–	Y_6
7	–	+	–	Y_7
8	+	+	–	Y_8

Цей прийом можна застосовувати для побудови матриць будь-якої розмірності.

Другий прийом полягає в перемноженні стовпчиків матриці. У разі перемноження двох стовпчиків матриці за рядками добуток одиниць із однаковими знаками дає (+1), а з різними – (–1). Користуючись цим правилом, для випадку, що розглядається, отримуємо вектор-стовпчик

добутку X_1X_2 у початковому плані. Далі початковий план повторюється ще раз, а в стовпчика добутків знаки змінюються на зворотні. Цей прийом також розповсюджується на побудову матриць будь-якої розмірності, але він складніший за перший.

Третій прийом базується на правилі чергування знаків. У першому стовпчику знаки змінюються через один, у другому – через два, у третьому – через чотири, у четвертому – через вісім.

Згідно з матрицею експерименту проводять експеримент та розраховують дисперсію для кожного досліду (табл. 4.4 та формула 4.8).

Таблиця 4.4 – План і результати проведення ПФЕ 2²

Дослід	Рівень фактора		Показники приладу в експерименті				S_k^2
	x_1	x_2	y_{k1}	y_{k2}	y_{k3}	$\bar{y}_k$	
1							
2							
3							
4							

$$S_k^2 = \frac{(y_{k1} - \bar{y}_k)^2 + (y_{k2} - \bar{y}_k)^2 + (y_{k3} - \bar{y}_k)^2}{n - 1}. \quad (4.8)$$

Для того, щоб переконатися в тому, що враховано всі фактори, які впливають на процес, необхідно перевірити гіпотезу про однорідність вибірових дисперсій. Для цієї мети необхідно скористатися критерієм Кохрена (додаток А, табл. А.1).

Значення критерію Кохрена розраховують за формулою:

$$G_p = \frac{\max[S_k^2]}{\sum_{k=1}^N S_k^2}. \quad (4.9)$$

Табличне значення критерію Кохрена (G_m) знаходять за відомою надійністю $\alpha = 0,95$ та двома ступенями волі $f_1 = n - 1$ та $f_2 = N$, де N – кількість дослідів (в нашому випадку – за матрицею ПФЕ 2²).

Якщо одержане розрахункове значення критерію Кохрена не перевищує табличне значення $G_p < G_m$, то дисперсії однорідні, і можна знайти дисперсію відтворюваності $S_{відтв}$ за формулою:

$$S_{відтв}^2 = \frac{\sum_{k=1}^N S_k^2}{N}. \quad (4.10)$$

Якщо розрахункове значення критерію Кохрена перевищує табличне, то дисперсії неоднорідні і виходить, що ми не врахували якийсь фактор, що суттєво впливає на процес. У цьому випадку необхідно переглянути вибір факторів варіювання та повторити експеримент.

Одержавши за результатами реалізації матриці конкретні експериментальні дані, розпочинають складання **рівняння регресії**. Для двофакторного експерименту вигляд рівняння наступний:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1 x_2, \quad (4.11)$$

для трифакторного експерименту:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1 x_2 + b_{13}x_1 x_3 + b_{23}x_2 x_3 + b_{123}x_1 x_2 x_3 \quad (4.12)$$

Для отримання конкретного рівняння регресії необхідно визначити коефіцієнти математичної моделі. Ураховуючи, що кількість дослідів значно перевищує кількість коефіцієнтів, які треба визначити, то як критерій визначення коефіцієнтів обираємо *метод найменших квадратів*.

Постановка задачі. Необхідно на основі експериментальних даних побудувати модель об'єкта дослідження. Припустимо, що структура моделі відома і зв'язок між вихідною величиною y і вхідними змінними x_i має вигляд:

$$y(f, x) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n, \quad (4.13)$$

де x – відомі змінні, що являють собою вектор;

a – невідомий вектор математичної моделі, який треба визначити.

Якщо значення x будуть мати другу ступінь, то це буде поліноміальна модель. У подальшому будуть розглядатися моделі виду:

$$y = y(x, a), \quad (4.14)$$

де a – вектор вхідних змінних моделі $a = (a_0, a_1, \dots, a_k)^T$.

Якщо модель лінійна відносно коефіцієнтів, то її можна записати у такому вигляді:

$$y(a, x) = a_0 f_0(x) + a_1 f_1(x) + \dots + a_k f_k(x). \quad (4.15)$$

Причому $f_i(x)$ – відомі функції, що є компонентами вектора:

$$f(x) = (f_0(x), f_1(x) + \dots + f_k(x))^T. \quad (4.16)$$

Використовуючи векторні позначення можна записати $y = a^T f(x) = f^T(x) a$.

У випадку моделі (4.10) знаходимо:

$$f(x) = (1, x_1, x_2, \dots, x_n)^T. \quad (4.17)$$

Для дійсних значень вектора коефіцієнтів a , який у подальшому буде позначатися $\bar{a}$ необхідно знайти оцінки $\hat{a}$ на основі отриманих експериментальних даних. При цьому оцінка для $\hat{y}$ буде розраховуватися за формулою: $\hat{y} = \hat{a}^T f(x) = f^T(x) \hat{a}$.

Експеримент проводиться в N точках $x^1, x^2, \dots, x^N$ із координатами $x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i)^T$. Результати спостережень $\tilde{y}^i$ у точках x^i являють собою вектор спостережень $\tilde{Y} = (\tilde{y}^1, \tilde{y}^2, \dots, \tilde{y}^N)^T$

У кожній точці може бути поставлено ν дослідів, результатами яких будуть вимірювання $\tilde{y}^{i1}, \tilde{y}^{i2}, \dots, \tilde{y}^{i\nu}$. У цьому випадку як $\tilde{y}^i$ використовується середнє значення спостережень у точці x^i :

$$\tilde{y}^i = \nu^{-1} (\tilde{y}^{i1} + \tilde{y}^{i2} + \dots + \tilde{y}^{i\nu}). \quad (4.18)$$

Задача полягає в тому, щоб на основі отриманих експериментальних даних знайти найкращі у певному сенсі оцінки для $\hat{a}$ та $\hat{y}$.

Рішення задачі. Під час розв'язання цієї задачі будемо вважати, що модель виду (4.10) є адекватною. Розглянемо експериментальні значення, які отримано в результаті проведення дослідів, та значення $\hat{Y} = (\hat{y}^1, \hat{y}^2, \dots, \hat{y}^N)^T$, що розраховані за допомогою вектора $\hat{a}$ та моделі $\hat{y} = \hat{a}^T f(x) = f^T(x) \hat{a}$ або відповідно $\hat{Y} = F \hat{a}$, де матриця F визначається наступним чином:

$$f = (f_j(x^i)) = \begin{vmatrix} f_0(x^1) & f_1(x^1) & \dots & f_k(x^1) \\ f_0(x^2) & f_1(x^2) & \dots & f_k(x^2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_0(x^N) & f_1(x^N) & \dots & f_k(x^N) \end{vmatrix}. \quad (4.19)$$

Результати спостережень $\tilde{y}^i$ у точці вимірювання залежать від випадкової похибки $\tilde{e}^i$ $\tilde{e}^i = \tilde{y}^i - \bar{y}^i$. Множина значень похибок у N експериментальних точках може бути представлена вектором $\tilde{e} = \tilde{Y} - \bar{Y}$. Риска зверху означає істинне значення відповідної змінної.

Будемо вважати, що виконуються наступні умови:

1. Результати експерименту вільні від систематичних похибок, тобто математичне очікування величини $\tilde{y}^i$ дорівнює дійсному значенню $\bar{y}^i$. Це означає, що $E\{\tilde{Y}\} = \bar{Y} = (\bar{y}^1, \bar{y}^2, \dots, \bar{y}^N) = F\bar{a}$, тобто $E(\tilde{e}) = 0$.

2. Результат спостережень у точці x^j не залежить від результату в точці x^i , тобто $E\{(\tilde{y}^i - \bar{y}^j)(\tilde{y}^j - \bar{y}^j)\} = 0$ для $i \neq j$.

3. Дисперсія результатів спостереження в усіх точках x^i однакова.

Щодо оцінки $\hat{a}$ накладемо ще дві умови:

1. Оцінка $\hat{a}$ не повинна мати систематичних похибок (тобто оцінка повинна бути незміщеною): $E\{\hat{a}\} = \bar{a}$.
2. Дисперсія σ^2 оцінки $\hat{a}$ повинна бути мінімальною

$$\sigma_i^2 = D(\hat{a}_i) = D(\hat{a}_i - \bar{a}_i) = E\{(\hat{a}_i - \bar{a}_i)^2\} = \min, \text{ для } i=0, 1, 2, \dots, k. \quad (4.20)$$

Ці дві вимоги являють собою лише одне з багатьох можливих понять «найкраща оцінка». Можливе використання і таких умов:

$$\max_{0 \leq i \leq k} |\hat{a}_i - \bar{a}_i| = \min, \text{ або } \max_{1 \leq i \leq N} |y^i - \bar{y}^i| = \min.$$

Теоретичну основу методу найменших квадратів складають наступні твердження:

Твердження 1. Оцінка $\hat{a}$ задовольняє умовам щодо вектора коефіцієнтів, коли сума

$$S = \sum_{i=1}^N (\tilde{y}^i - \hat{y}^i)^2 = |\tilde{Y} - \hat{Y}|^2 = (\tilde{Y} - \hat{Y})^T (\tilde{Y} - \hat{Y}) \quad (4.21)$$

буде мінімальна, тобто $S(\hat{a}) = \min_a S(a)$.

Величина S є функцією a і тому можна записати:

$$S = (\tilde{Y} - Fa)^T (\tilde{Y} - Fa). \quad (4.22)$$

Після перетворень величина S має вигляд:

$$S = S(a) = \tilde{Y}^T \tilde{Y} + a^T F^T Fa - 2\tilde{Y}^T Fa. \quad (4.23)$$

Для знаходження a необхідно знайти відповідні похідні від S до a і створити нормальну систему рівнянь.

Твердження 2. Коли матриця F має ранг $(k+1)$, то сума квадратів досягає мінімуму при

$$\hat{a} = (F^T F)^{-1} F^T \tilde{Y}. \quad (4.24)$$

Це основна формула для визначення коефіцієнтів математичної моделі. На її основі розроблено спрощені формули для визначення коефіцієнтів, проте їх доцільно використовувати за невеликої кількості вхідних змінних.

Якщо кількість дослідів незначна, то використовуючи метод найменших квадратів, можна знайти безпосередньо формули для розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії b_0 , b_1 , b_2 і b_{12} у вигляді:

$$b_i = \frac{\sum X_{in} \cdot Y_n}{N} \quad \text{та} \quad b_{ij} = \frac{\sum X_{in} \cdot X_{jn} \cdot Y_n}{N}, \quad (4.25)$$

де N – кількість дослідів в основному експерименті;

Y_n – результат n -го дослідів;

$X_{in} \cdot X_{jn}$ – значення перемінної у відповідному стовпчику плану експерименту;

n – номер варіанта дослідів;

i, j – найменування факторів варіювання.

Проте на практиці зручно користуватись табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Вихідні дані для розрахунку коефіцієнтів регресії в повному факторному експерименті з урахуванням взаємодії факторів

Дослід	x_0	Кодовані змінні		Добуток $x_1 \cdot x_2$	Y_k
		x_1	x_2		
1	+1	-1	-1	+1	Y_1
2	+1	+1	-1	-1	Y_2
3	+1	-1	+1	-1	Y_3
4	+1	+1	+1	+1	Y_4
	b_0	b_1	b_2	b_{12}	

Виходячи з вектор-стовпчиків табл. 4.5 з урахуванням знаків матриці, можна визначити коефіцієнти за формулами:

$$\begin{aligned}
 b_0 &= \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{4} ; \\
 b_1 &= \frac{-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4}{4} ; \\
 b_2 &= \frac{-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4}{4} ; \\
 b_{12} &= \frac{Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4}{4} .
 \end{aligned} \tag{4.26}$$

У результаті проведених обчислювань одержують деяке цілком конкретне рівняння регресії. Надалі задача експериментатора складається з виявлення вагомих коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стюдента t_α (додаток А, табл. А.2) та уточнення вихідного рівняння.

Для оцінки вагомості коефіцієнтів рівняння регресії розраховують середньоквадратичну помилку визначення коефіцієнтів регресії $S_{(bi)}$:

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{S_{\text{сидмв.}}^2}{n \cdot N}} , \tag{4.27}$$

де n – кількість дослідів за вектор-рядком матриці експерименту;

N – кількість дослідів за матрицею експерименту.

Виявлення вагомих коефіцієнтів відбувається за допомогою нерівності:

$$|b_i| > t_\alpha \cdot S_{b_i}. \quad (4.28)$$

Сенс цієї нерівності полягає в тому, що абсолютна величина $|b_i|$ (тобто відповідне число, незалежне від знака) має бути в t_α разів більша, ніж помилка його визначення. Величина t_α (коефіцієнт Стюдента) залежить від прийнятого рівня значимості та числа ступенів волі під час визначення середньої дисперсії відтворюваності одиничного вимірювання.

Для хіміко-технологічних досліджень (процесів) приймають довірчу вірогідність $\alpha = 0,95$. Іншими словами, рівень значимості для таких процесів (досліджень) дорівнює 5% і є достатнім.

Число ступенів волі залежить від числа дослідів, що використані для визначення b_i :

$$f = (n - 1) \cdot N. \quad (4.29)$$

Якщо абсолютна величина коефіцієнта більша помилки його визначення, то фактор впливає на процес та вважається вагомим.

Може бути так, що всі коефіцієнти рівняння регресії є вагомими. Тоді рівняння регресії вважають *адекватним* реальному процесу та оцінку його адекватності не проводять.

Якщо коефіцієнт не є вагомим, то відповідний фактор варіювання виключається з рівняння, і воно записується в новому вигляді. Існує три основні причини невагомості коефіцієнта рівняння регресії (рис. 4.10).

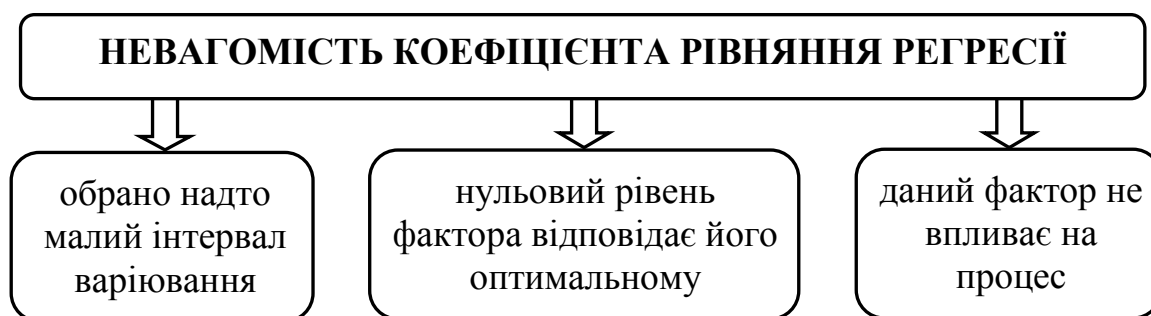


Рисунок 4.10 – Причини невагомості коефіцієнта рівняння регресії

Якщо обрано надто малий інтервал варіювання доцільним є повторення експерименту при більш широкому інтервалі варіювання даного фактора. Якщо і в цьому випадку коефіцієнт буде невагомим, то його приймають рівним нулю і починають перевірку адекватності отриманого рівняння регресії реальному процесу.

Спрощене рівняння регресії підлягає перевірці на адекватність. Установлюється, чи з достатнім ступенем достовірності воно описує процес, який вивчається, тобто чи співрозмірний ступінь відтворюваності процесу зі ступенем адекватності рівняння процесу.

Одержане рівняння дозволяє визначити без проведення експерименту величину виходу процесу Y усередині досліджуваної області поверхні відгуку за кінцевим рівнянням регресії.

Для цього в нове рівняння підставляють кодовані значення факторів варіювання за вектор-рядком (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Розрахунок дисперсії адекватності рівняння регресії

Дослід	Рівень фактора		$\hat{y}$	$\hat{y} - \bar{y}_k$	$(\hat{y} - \bar{y}_k)^2$
	x_1	x_2			
1					
2					
3					
4					

За кожним варіантом дослідження потрібно знайти різницю між розрахунковим значенням виходу $\hat{y}$ та його експериментальним значенням y_k (того ж варіанта дослідження в табл. 4.6).

$$\Delta \hat{y} = \hat{y} - \bar{y}_k \quad (4.30)$$

Далі потрібно розрахувати дисперсію адекватності S_{ad}^2 :

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (\Delta \hat{y})^2}{N - N^1} \quad (4.31)$$

де N – кількість дослідів основного експерименту;

N^1 – кількість вагомих коефіцієнтів у рівнянні регресії.

Перевірка гіпотези адекватності моделі реальному процесу здійснюється за допомогою критерію Фішера.

Критерій Фішера F_p визначають як відношення дисперсій:

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_{відтв.}^2} = \frac{\max \{S_{ad}^2, S_{відтв.}^2\}}{\min \{S_{ad}^2, S_{відтв.}^2\}} = \quad , \quad (4.32)$$

де $S_{відтв.}^2$ – дисперсія відтворюваності.

Далі потрібно обрати табличне значення критерію Фішера F_T (додаток А, табл. А.3). Для цього враховують кількість ступенів волі адекватності (чисельник f_1) та кількість ступенів волі відтворюваності (знаменник f_2):

$$f_1 = N - N^1, \quad (4.33)$$

$$f_2 = (n - 1) \cdot N, \quad (4.34)$$

де n – кількість дослідів за кожним вектор-рядком у матриці експерименту.

Якщо виконується нерівність $F_p < F_T$, то рівняння адекватне реальному процесу й може бути використане для розрахунку виходу процесу за будь-яких значень факторів, що знаходяться між верхнім та нижнім рівнями.

Якщо гіпотеза адекватності відкидається, то необхідно переходити до більш складної формули рівняння. Отримане рівняння використовують для подальшого знаходження оптимальних умов проведення процесу. Проведені розрахунки можна виконати за допомогою ПЕОМ із застосуванням стандартних прикладних пакетів.

Проведення розрахунків за допомогою ПЕОМ для результатів ПФЕ 2²

Згідно з наведеними результатами повного двофакторного експерименту за трикратного повторення в кожному вектор-рядку матриці показання приладу потрібно занести на аркуш (рис. 4.11) у полі таблиці.

Microsoft Excel - Онд_испр												
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка												
	A	B	C	D	E	F	G	H				
1												
2	дослід	рівень фактора		Показники приладу в експерименті				S				
3		X ₁	X ₂	Ук.1	Ук.2	Ук.3	Ук.середн.					
4	1	60	1	30	30	30,1	30,033	0,003				
5	2	60	9	29,9	29,8	29,6	29,767	0,023				
6	3	100	1	28,1	28,8	29	28,633	0,223				
7	4	100	9	27,6	27,1	28	27,567	0,203				
8												
9	Gp				0,49							
10	Gm				0,768							
11												
12	S відтв.				ДИСПЕРСІЯ ВІДТВОРЮВАНOSTІ							
13												
14	ЗМІСТ											
15												
лаб.р.1 / лаб.р.2 / лаб.р.3 / лаб.р.4 / лаб.р.4.1 / Додаток												

Рисунок 4.11 – Розрахунок середнього значення та дисперсії відтворюваності для кожного з дослідів повного двофакторного експерименту

У діапазонах комірок **G4 : G7** та **H4 : H7** розраховуються, відповідно, середні значення та дисперсії для кожного з дослідів.

У комірку **E11** потрібно ввести табличне значення критерію Кохрена. Його можна знайти на аркуші (додаток В) на перетині двох ступенів волі $f_1=n-1$ та $f_2=N$, де N – кількість дослідів за матрицею ПФЕ 2². Якщо дисперсії однорідні, автоматично буде розрахована дисперсія відтворюваності.

Далі переходимо на аркуш (рис. 4.12), на якому здійснюється вибір математичної моделі та складається рівняння регресії, а також визначається вагомість його коефіцієнтів та проводиться перевірка моделі на адекватність реальному процесу.

Microsoft Excel - Онд_испр						
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка						
	A	B	C	D	E	F
1	Вибір математичної моделі і складання рівняння регресії					
2						
3						
4	30,033		b_0	29,00		$S(b_i)$ 0,10
5	29,767		b_1	-0,90	коефіцієнт є вагомим	$ b_i $ 0,42
6	28,633		b_2	-0,33	коефіцієнт є невагомим	
7	27,567		b_{12}	-0,20	коефіцієнт є невагомим	
8	Рівняння регресії					
9						
10	$Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_{12}x_1x_2$					
11	Дійсне рівняння регресії.					
12	$Y=29,0,9X_1$					
13	перевірка адекватності					
14						
15	дослід	рівень фактора		Δ	Δ	Δ
16		X_1	X_2	Y	$y-y_k$	$(y-y_k)^2$
17	1	мінус	мінус	29,90	-0,13	0,02

Рисунок 4.12 – Вибір математичної моделі та складання рівняння регресії

У комірках D5 та D8 розраховуються коефіцієнти рівняння регресії, які описують процес, який розглядається. Навпроти кожного з них указано, чи є даний коефіцієнт вагомим. Використовуючи лише вагомі коефіцієнти, складаємо рівняння регресії та записуємо в рядку 13.

У таблиці «Перевірка адекватності» (рис. 4.13) за одержаними коефіцієнтами розраховуються вихід процесу для кожного дослідів за кінцевим рівнянням регресії $\hat{y}$; різниця між розрахунковим значенням виходу $\hat{y}$ та його середнім значенням за вектор-рядком матриці $\bar{Y}_k$ та квадрат виразу $(\hat{y} - \bar{Y}_k)^2$.

У комірці B23 розраховується дисперсія адекватності. У комірку F24 вводиться кількість вагомих коефіцієнтів. У комірці C26 надається розрахункове значення критерію Фішера. У комірку D26 вноситься табличне значення критерію Фішера з аркуша (додаток Г). Для цього розраховується число ступенів волі адекватності f_1 та число ступенів волі відтворюваності f_2 : $f_1=N-N^1$; $f_2=N(n-1)$, де n – кількість дослідів за вектор-рядком у матриці експерименту. Кількість вагомих коефіцієнтів рівняння регресії необхідно ввести в комірку F24.

Microsoft Excel - Онд_испр

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

	A	B	C	D	E	F	G	H	
12	Дійсне рівняння регресії.								
13	Y=29,0,9X ₁								
14	перевірка адекватності								
15									
16	дослід	рівень фактора		А	А	А			
17		X ₁	X ₂	у	у-у _к	(у-у _к) ²			
18	1	мінус	мінус	29,90	-0,13	0,02			
19	2	мінус	плюс	29,90	0,13	0,02			
20	3	плюс	мінус	28,10	-0,53	0,28			
21	4	плюс	плюс	28,10	0,53	0,28			
22	Сумма					0,60			
23	S _{ад} ²	0,30							
24	Кількість вагомих коефіцієнтів у рівнянні регресії				→	2			
25									
26	F _p	2,67							
27	F _m	4,5							
28									
29	ЗМІСТ								

Підсумок етапу роботи: рівняння адекватно реальному процесу

переходьте до роботи 4.1

лаб.р.1 / лаб.р.2 / **лаб.р.3** / лаб.р.4 / лаб.р.4.1 / Додаток

Рисунок 4.13 – Перевірка моделі на адекватність реальному процесу

Після цього на екран виводиться повідомлення про те, чи є дане рівняння адекватним реальному процесу. Якщо отримане рівняння виявилось неадекватним, це означає, що експеримент потрібно спланувати та провести спочатку.

Проведення розрахунків за допомогою ПЕОМ для результатів ПФЕ 2³

Для результатів повного трьохфакторного експерименту проведення розрахунків здійснюється за схожим алгоритмом.

У стовпчики **B**, **C**, **D** (рис. 4.14) вноситься значення обраних факторів варіювання в натуральних величинах.

Microsoft Excel - ЛАБОРАТ										
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка										
Arial 10 Ж К Ч [форматирувальні значення]										
K42 fx										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1										
2	№ досліду	Рівень фактору			показники приладу експерименту				дисперсія	
3		X1	X2	X3	y1	y2	y2	y_ср	S2	
4	1	16	46	6	141,2	127,1	142,6	136,9666667	73,50333	
5	2	26	46	6	146,8	154,4	151,9	151,0333333	15,00333	
6	3	16	56	6	187,6	184,4	195,9	189,3	35,23000	
7	4	26	56	6	198,7	186,5	201,2	195,4666667	61,86333	
8	5	16	46	10	177,3	172,9	188,4	179,5333333	63,80333	
9	6	26	46	10	137,5	144,8	131,1	137,8	46,99000	
10	7	16	56	10	158,6	164,3	172,1	165	45,93000	
11	8	26	56	10	130,2	143,1	136,2	136,5	41,67000	
12									383,99333	
13										
14	розрахунок критерію Кохрена				розрахунок дисперсії відтворюваності				Розрахунок проводиться у випадку якщо виконується умова $G_p < G_t$	
15	Gp	0,191418254			S2відт	47,99916667				
16	Gt	0,516								
17										
18										

Рисунок 4.14 – Розрахунок дисперсії відтворюваності експерименту ПФЕ 2³

Для даних значень проводиться експеримент за умови трикратного повторювання для кожного вектор-рядка матриці. Показання приладу заносяться до стовпчиків **E**, **F**, **G**. Значення вводяться в комірки, що забарвлені в сірий колір.

У діапазонах комірок **H4 : H11** та **I4 : I11** автоматично розраховуються середні значення та дисперсії для кожного з дослідів. У комірці **C15** обчислюється розрахункове значення критерію Кохрена, а в комірці **F15** автоматично визначається дисперсія відтворюваності.

Визначення значень коефіцієнтів рівняння регресії здійснюється в комірках **C22 : C29** (рис. 4.15).

Microsoft Excel - ЛАБОРАТ

ФайлПравкаВидВставкаФорматСервисДанныеОкноСправка

100%

Arial10ЖКЧ

P65fx

	A	B	C	D	E	F
19						
20						
21	Коефіцієнти рівняння регресії					
22	v0=		161,45	Вагомий		
23	v1=		-6,25	Вагомий		
24	v2=		10,11666667	Вагомий		
25	v3=		-6,741666667	Вагомий		
26	v12=		0,666666667	Невагомий		
27	v23=		-14,075	Вагомий		
28	v13=		-11,30833333	Вагомий		
29	v123=		2,641666667	Невагомий		
30						
31						
32	середньо-кв пом					
33	S=		1,414201286	Критерій Стюдента		
34	tα=		4,3			
35	tα*S=		6,08106553			
36						
37						
38	Рівняння регресії					
39	$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$					
40						

Рисунок 4.15 – Визначення середньоквадратичної помилки експерименту та складання рівняння регресії

Вагомість коефіцієнтів рівняння регресії визначається автоматично (комірки **D22** : **D29**). Комірка **C33** відображає середньоквадратичну помилку експерименту.

У таблиці «Перевірка адекватності» (рис. 4.16) автоматично розраховується вихід процесу для кожного дослід за кінцевим рівнянням регресії з урахуванням вагомості його коефіцієнтів (стовпчик **D45** : **D52**) та знаходиться різниця між розрахунковим значенням виходу та його середнім значенням за вектором-рядком матриці (стовпчик **G45** : **G52**).

Комірка **D55** показує кількість вагомих коефіцієнтів рівняння регресії, а комірка **D56** – дисперсію адекватності.

відповідають факторам, що залишилися. Кожний із цих стовпчиків знаходиться як результат поелементного множення не менше двох і не більше $n-p$ визначених стовпчиків, що відповідають основним факторам. Для визначення способу створення кожного з p -стовпчиків вводять поняття генератор плану.

Генератор являє собою добуток основних факторів, що визначають значення елементів кожного з додаткових p -стовпчиків матриці плану. Звичайно, що у випадку плану 2^{n-p} повинно бути p генераторів.

Наводимо приклад побудови дробового факторного плану для $n=3$. Запишемо повний факторний план для 2^3 для основних факторів x_1 та x_2 у вигляді відповідної матриці та доповнимо цей план стовпчиком значень третього фактора, який є добутком відповідних елементів першого та другого стовпців. Дана матриця має вигляд:

x_1	x_2	$x_3 = x_1 \cdot x_2$
—	+	—
+	+	+
—	—	+
+	—	—

Вираз $x_3 = x_1 \cdot x_2$ є генератором плану. Перевагою цього плану є менша кількість дослідів ($2^{3-1}=4$) порівняно з планом повного факторного експерименту ($2^3=8$). Знайдений дробовий план є напівреплікою факторного плану 2^3 .

Для планів, що мають розмірність $n = 4, 5, 6, 7$, можна побудувати плани, що мають лише 8 дослідів. Спочатку будуємо повний факторний план 2^3 для факторів x_1, x_2 та x_3 . Доповнюємо його стовпчиками, що створені за елементним добутком стовпчиків плану 2^3 : $x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3, x_1x_2x_3$. Ці добутки можуть бути генераторами для дробових планів. Наприклад, використовуючи один із чотирьох можливих генераторів, можна побудувати чотири різних дробових плани типу 2^{4-1} :

$$x_4^m = [x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3, x_1x_2x_3]. \quad (4.35)$$

Порівняно з повним факторним планом, що складається з 16 дослідів, даний план має лише 8 дослідів.

Якщо $n=5$, для побудови дробового плану 2^{5-2} є можливість обрати два з будь-яких можливих чотирьох генераторів плану, щоб створити стовпчики факторів x_4 та x_5 . Звичайно, що можлива побудова шести різних варіантів плану 2^{5-2} .

$$x_4 = \begin{cases} x_1 x_2 \\ x_1 x_2 \\ x_1 x_2 \\ x_1 x_3 \\ x_1 x_3 \\ x_2 x_3 \end{cases}, \quad x_5 = \begin{cases} x_1 x_3 \\ x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \\ x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \end{cases}. \quad (4.36)$$

Ще шість дробових планів можна здобути, якщо поміняти місцями стовпчики для факторів x_4 та x_5 .

Доцільність використання дробових факторних планів очевидна за великої кількості факторів. Наприклад, план 2^{15-11} потребує лише 16 дослідів, а повний факторний план – 32768 дослідів.

Матриця F-плану типу 2^{n-p} та лінійної моделі має $n+1$ стовпчик та $N=2^{n-p}$ рядків. Наприклад, для плану 2^{3-1} маємо:

$$F = \begin{vmatrix} 1 & - & -1 \\ 1 & +1 & -1 \\ 1 & -1 & +1 \\ 1 & +1 & +1 \end{vmatrix}. \quad (4.37)$$

Перший стовпчик відповідає фіктивній змінній за вільного коефіцієнта рівняння моделі, яка за всіх дослідів приймає значення, що дорівнює одиниці.

Інформаційна матриця плану 2^{3-1} для лінійної моделі має вигляд:

$$M = F^T \cdot F = N \cdot I_{n+1}, \quad (4.38)$$

де I_{n+1} – одинична матриця розміру $n+1$.

Знаходження коефіцієнтів моделі здійснюється за формулою:

$$\hat{a} = M \cdot F^T \cdot Y, \quad (4.39)$$

де Y – вектор відгуків моделі.

Визначення дисперсії оцінок коефіцієнтів s^2_i знаходимо за формулою:

$$s^2_i = s^2/n, \quad (4.40)$$

де s^2 – оцінка дисперсії спостереження.

Приклад. Визначити коефіцієнти математичної моделі за умови використання дробового факторного експерименту. Запропонована математична модель процесу має вигляд:

$$Y(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5. \quad (4.41)$$

Перелік факторів та межі їх змін наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Значення рівнів факторів експерименту

Фактор	Мінімальне значення	Максимальне значення
x_1	1 : 1	1,5 : 1
x_2	1 : 1	1,5 : 1
x_3	3	5
x_4	20	30
x_5	20	60

За припущенням, дана модель має 5 факторів, що можуть впливати на хід технологічного процесу. Фактори x_1 та x_2 являють собою відповідні концентрації речовини. Для спрощення подальшого запису умов експерименту та наступної його обробки межі зміни факторів приведемо до інтервалу $[-1 \text{ } 1]$ за допомогою кодування за формулою:

$$X_i = \frac{x_i - \frac{x_{i \max} + x_{i \min}}{2}}{\frac{x_{i \max} - x_{i \min}}{2}}, \quad (4.42)$$

де X_i – кодоване значення i -го фактора,

$x_{i \max}$ та $x_{i \min}$ – максимальне та мінімальне значення відповідного фактора.

Для планування буде використана 1/4 репліки повного факторного експерименту, що складається з 32 дослідів. Фактори x_1 , x_2 , x_3 є основними, а фактори x_4 та x_5 створюватимуться за допомогою наступних генеруючих співвідношень $x_4 = x_1 x_2 x_3$, $x_5 = -x_1 x_2$.

Матриця планування експерименту 2^{5-2} у кодованих значеннях та значення, отримані у ході експерименту за результатами двох дослідів наведено в табл. 4.8. Хід проведення експерименту попередньо був рандомізований.

Таблиця 4.8 – Матриця планування експерименту

№ досліджу	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y
1	1	-1	-1	-1	-1	-1	50,0
2	1	1	1	-1	-1	-1	57,2
3	1	-1	-1	1	1	-1	48,1
4	1	1	-1	1	-1	1	46,0
5	1	-1	1	1	-1	1	64,8
6	1	1	-1	-1	1	1	45,3
7	1	-1	1	-1	1	1	54,8
8	1	1	1	1	1	-1	53,0

Коефіцієнти математичної моделі a визначалися за рівнянням:

$$a = (F^T F)^{-1} Fy, \quad (4.43)$$

де F – матриця експерименту,

y – експериментальні дані, отримані у ході експерименту.

Матриця експерименту має вигляд:

$$F = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}. \quad (4.44)$$

Після розрахунків за формулою 4.24 знаходимо коефіцієнти математичної моделі:

$$a^T = 52,3 \quad -2,025 \quad 5,05 \quad 0,575 \quad -2,1 \quad 0,325.$$

Знаходимо суму квадратів, що визначають похибку спостережень:

$$Se = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^2 (\tilde{y}^{ij} - \tilde{y}^i)^2, \quad Se = 51,2, \quad (4.45)$$

де $\tilde{y}^{ij}$ – виміряне значення спостереження в i -й точці під час проведення серії з ν спостережень;

$\tilde{y}^i$ – середнє значення спостереження в i -й точці під час проведення серії з ν спостережень.

Знаходимо суму квадратів, що визначає неадекватність моделі:

$$Sd = \sum_{i=1}^8 2(\tilde{y}^i - \hat{y}^i)^2, \quad Sd=45,89, \quad (4.46)$$

де $\tilde{y}^i$ – середнє значення спостереження в i -й точці під час проведення серії з ν спостережень;

$\hat{y}^i$ – значення відгуку, що знайдено в i -й точці за допомогою моделі.

Визначаємо значення ступенів волі для Se : $\varphi_2 = N(\nu-1) = 8(2-1) = 8$.

Розраховуємо значення ступеня волі для Sd : $\varphi_1 = N-k-1 = 8-5-1 = 2$.

Знаходимо значення критерію Фішера F :

$$F = \frac{Sd / \varphi_1}{Se / \varphi_2} = \frac{45,89 / 2}{51,2 / 8} = 3,585.$$

Із таблиці розподілу для вірогідності 0,95 знаходимо критичне значення критерію $F_{кр} = 4,46$. Ураховуючи, що $F < F_{кр}$, вважаємо, що здобута модель процесу є адекватною. Проведемо оцінку дисперсії спостереження s^2 за формулою:

$$s^2 = \frac{Se}{\nu \varphi_2} = \frac{51,2}{2 \cdot 8} = 3,2 \quad s = 1,79.$$

Оцінка дисперсії i -го коефіцієнта s_i^2 знаходиться за формулою:

$$s_i^2 = \frac{s^2}{N} = \frac{3,2}{8} = 0,4 \quad s_i = 0,63.$$

Знаходимо критичне значення $t_{кр}$ розподілу Стюдента при 1-Р=0,05 та $\varphi=8$. Із відповідної таблиці знаходимо $t_{кр} = 2,306$.

Перевіримо значимість коефіцієнтів. Коефіцієнт вважається таким, що відрізняється від нуля, коли виконується умова:

$$|\hat{a}_i| > t_{кр} s_i. \quad (4.46)$$

Перевіряючи знайдені коефіцієнти моделі, бачимо, що умові нерівності не задовольняють коефіцієнти a_3 та a_5 . Тому остаточне рівняння для даної моделі буде мати такий вигляд:

$$\hat{y}(x) = 52,3 - 2,025 x_1 + 5,05 x_2 - 2,1 x_4. \quad (4.47)$$

Послідовний метод побудови математичної моделі

Сучасні методи проведення експериментальних досліджень передбачають широке використання засобів обчислювальної техніки, яка дає можливість безпосередньо, у ході експерименту, визначати необхідні параметри математичної моделі. Проте цей підхід вимагає використання спеціальних методів обробки отриманих експериментальних даних. Він полягає в тому, що після виконання одного або декількох дослідів можна наближено визначити коефіцієнти заданої математичної моделі. Тобто обробка експериментальних

даних буде відбуватися послідовно в міру їх надходження. Причому ці методи не потребують знання точних величин коефіцієнтів моделі та дисперсійної матриці.

Такий підхід проведення експерименту забезпечує ортогональність плану експерименту, а метод побудови математичної моделі в ході проведення дослідження називається **послідовним**.

Обчислювальні алгоритми даного методу будуються за рекурентною схемою. Це означає, що оцінка в час $(i+m)$ використовує оцінки, які були відомі на час i , а також дані, які надійшли в моменти $(i+1)$, $(i+2)$... $(i+m)$. Така форма обчислювання сприяє економії пам'яті обчислювальної машини та часу обчислювання.

За умови використання послідовного методу розв'язання задачі дослідник має відомості на час i які були знайдені на основі попередніх експериментальних даних, і тому під час проведення досліджень доцільно використовувати цю інформацію.

За послідовного методу побудови моделі задача планування наступних експериментів також повинна вирішуватись з урахуванням апіорної інформації. Тому така постановка задачі відрізняється від традиційної.

Розрахунки проводять за допомогою програмного пакета Mathcad.

Рекурентний алгоритм обчислення

Припустимо, що модель об'єкта дослідження має вигляд:

$$y(x, a) = \sum_{i=0}^k a_i \cdot f_i(x), \quad (4.48)$$

де $f_i(x)$ – деяка відома система функцій.

Будемо вважати, що на основі N дослідів методом найменших квадратів знайдено оцінки a^N , а також розраховано дисперсійну матрицю C та остаточну суму квадратів похибки моделі S_N . Усі розрахунки проводяться за традиційними формулами, що використовуються за звичайного підходу розрахунку регресійних моделей і наведені нижче:

$$\begin{aligned} a^N &= (F'F)^{-1} F'_N \cdot Y = C F'_N \cdot Y, \\ C_N &= (F'F)^{-1}, \\ S_N &= (\tilde{Y} - F'_N a^N)' \cdot (\tilde{Y} - F'_N a^N). \end{aligned} \quad (4.49)$$

Додамо до N проведених експериментів ще m дослідів.

Після необхідних перетворень можна знайти оцінки для a^{N+m} та C_{N+m} . Здебільшого $m=1$ і знайдені оцінки мають вигляд:

$$C_{N+1} = C_N - \frac{C_N f(x^{N+1}) \cdot f'(x^{N+1}) C_N}{1 + f'(x^{N+1}) C_N f(x^{N+1})},$$

$$a^{N+1} = a^N + \frac{C_N f(x^{N+1})}{1 + f'(x^{N+1}) C_N f(x^{N+1})} (\tilde{y}^{N+1} - f'(x^{N+1}) a^N). \quad (4.50)$$

Із наведених формул видно, що немає потреби проводити обернення матриць, оскільки $1 + f'(x^{N+1}) C_N f(x^{N+1})$ являє собою скалярну величину.

На початку експерименту в нас немає ніяких значень C_N та a^N . У цьому випадку є два шляхи: реалізувати план із $N \geq k+1$ експериментів; знайти матрицю C_N та оцінки a^N , а далі треба використовувати наведені формули.

Інший спосіб полягає в тому, що задають значення $a^0=0$ $C_0=I_{k+1}C^2$, де C – дуже велике число. Можна показати, що в цьому випадку оцінки коефіцієнтів a_i не будуть відрізнятися від оцінок, які знайдені за традиційною формулою.

Похибка моделі також буде знайдена за рекурентною формулою:

$$S_{N+1} = S_N + \frac{1}{1 + f'(x^{N+1}) C_N f(x^{N+1})} (\tilde{y}^{N+1} - f'(x^{N+1}) a^N)^2. \quad (4.51)$$

Остаточна сума квадратів для знаходження остаточної дисперсії $(s_R^2)^{N+1}$ дорівнює:

$$(s_R^2)^{N+1} = \frac{S_{N+1}}{N+1 - (k+1)}. \quad (4.52)$$

Знайдені дані можуть бути використані під час перевірки різних гіпотез щодо коефіцієнтів математичної моделі, а також для побудови довірчих інтервалів.

4.4. Засоби вирішення задач оптимізації

Метою оптимізації є визначення максимального або мінімального значення параметра оптимізації U . Для цього можна використовувати стандартні методи математичного аналізу та розв'язання відповідних систем рівнянь. Проте в деяких випадках у складних об'єктах доцільно використовувати інші методи оптимізації.

Оптимізація технологічного процесу
за методом крутого сходження Бокса-Уілсона

Найсприйнятливіший для технологічних процесів *метод крутого сходження (Бокса-Уілсона)*, який застосовується тоді, коли процес описано лінійним рівнянням. Сутність цього методу полягає в тому, що на основі аналізу рівняння регресії складаються умови серії дослідів із різними значеннями факторів.

Прямування до максимуму за методом оптимізації крутого сходження Бокса-Уілсона можна зобразити схематично (рис. 4.17).

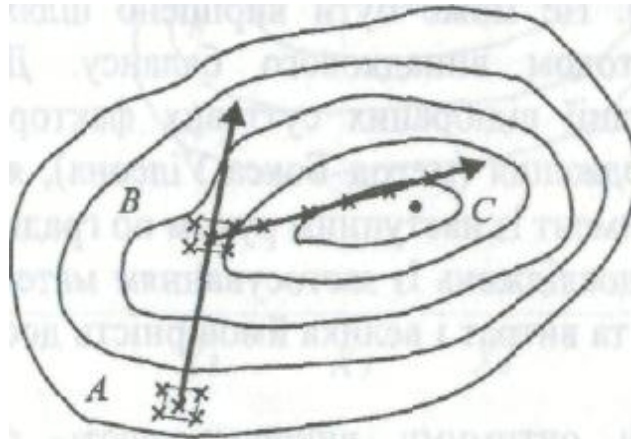


Рисунок 4.17 – Схема прямування до максимуму за методом крутого сходження

Для здійснення методу крутого сходження необхідно виконати наступні кроки (рис. 4.18).

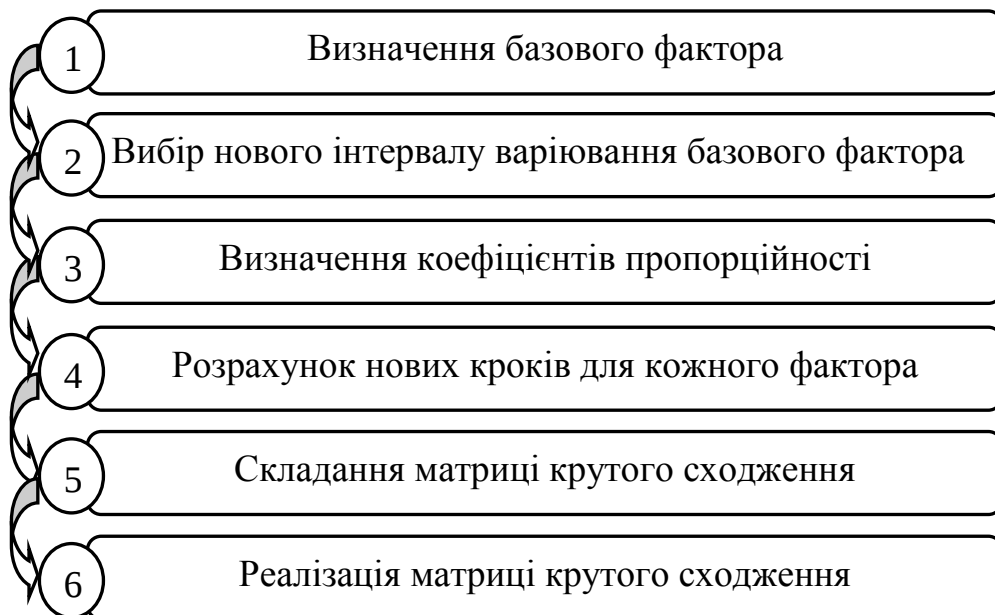


Рисунок 4.18 – Основні кроки здійснення методу крутого сходження

Для визначення базового фактора (крок 1) обчислюються в натуральних величинах добутки $b_i \lambda_i$ для всіх факторів, що є вагомими (b_i – коефіцієнт рівняння регресії, λ_i – інтервал варіювання). Фактор, для якого добуток $b_i \lambda_i$ виявився найбільшим за абсолютною величиною, називається базовим ($S_{баз}$).

Новий інтервал варіювання базового фактора призначають у натуральних величинах (крок 2):

$$S_{баз.} = (0,3 \dots 0,7). \quad (4.53)$$

Коефіцієнти пропорційності (K_i) знаходять за відношенням добутків $b_i \cdot \lambda_i$ усіх інших факторів до такого ж добутку базового фактора (крок 3):

$$K_i = \frac{b_i \cdot \lambda_i}{\max |b_i \cdot \lambda_i|}. \quad (4.54)$$

Коефіцієнти повинні мати знаки, що відповідають знакам кожного фактора в рівнянні регресії.

Нові кроки для кожного фактора (S_i) розраховують за формулою (крок 4):

$$S_i = S_{баз.} K_i. \quad (4.55)$$

Визначаючи величини кроків, їм дають саме такі знаки, які мають відповідні коефіцієнти пропорційності.

Складають умови нових дослідів (крок 5) – матрицю крутого сходження – шляхом додавання нових кроків до нульового рівня. При цьому слід урахувати знаки (+) або (-), що стоять перед K_i і S_i . Якщо всі відношення K_i мають однакові знаки, то за кожного нового кроку ці фактори або збільшуються, або зменшуються одночасно. Якщо знаки різні, то збільшення одного фактора зумовлює зменшення іншого.

Для фактора, який є відсутнім в остаточному рівнянні регресії, вважається, що K_i дорівнює 0. Це означає, що для цього фактора нульовий рівень є оптимальним. Отже, під час складання матриці цей фактор у всіх дослідах залишається незмінним.

Згідно з матрицею крутого сходження проводять експеримент (крок 6).

Якщо від досліду до дослідів спостерігається підвищення параметра, що досліджується, та в якомусь досліді (не останньому) досягається максимальна (або мінімальна) величина з усіх результатів, то фактори цього дослідів вважають за оптимальні.

Метод крутого сходження (метод Бокса-Уілсона) застосовується для лінійної математичної моделі. Рівняння регресії буде лінійним,

якщо в ньому відсутній коефіцієнт міжфакторної взаємодії b_{12} . Якщо всі коефіцієнти рівняння регресії значущі, то математична модель *нелінійна*, і для знаходження оптимальних умов процесу необхідно використовувати градієнтний метод, сутність якого полягає в лінеаризації математичної моделі.

Для впровадження градієнтного методу потрібно зробити наступні кроки:

1. Знайти частинні похідні за всіма змінними:

$$\frac{dy}{dx_1}; \quad \frac{dy}{dx_2} \quad . \quad (4.56)$$

2. Підставляючи в одержані похідні кодовані значення факторів варіювання на нульовому рівні, розрахувати значення β_1 та β_2 .

3. Застосувати стандартну процедуру методу Бокса-Уілсона, яку наведено вище, але замість коефіцієнтів рівняння регресії b_1 та b_2 використати β_1 та β_2 .

4. Після знаходження нових умов експерименту розрахувати прирощення змінних у кодованих величинах:

$$\Delta X_i = \frac{S_i}{\lambda_i} . \quad (4.57)$$

5. Одержані значення Δx_1 та Δx_2 використовують для подальших розрахунків X_3 та X_4 , які необхідні для визначення нових кроків матриці Бокса-Уілсона за наведеним вище алгоритмом:

$$\begin{aligned} X_3 &= x_{01} + \Delta x_1; \\ X_4 &= x_{02} + \Delta x_2, \end{aligned} \quad (4.57)$$

де x_{01} та x_{02} – кодовані значення факторів варіювання в нульовій точці.

Приклад процедури лінеаризації математичної моделі

Розрахуємо програму оптимізації за рівнянням: $Y = 50 + 10x_1 - 15x_2 + 10x_1x_2$. Значення факторів варіювання в нульовій точці складають: для $C_1 = 25^\circ\text{C}$, для $C_2 = 10\%$. Інтервали варіювання для першого фактора $\lambda_1 = 3^\circ\text{C}$, для другого – $\lambda_2 = 2\%$.

1. Знаходимо частинні похідні за всіма змінними:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx_1} &= 10 + 10x_2; \\ \frac{dy}{dx_2} &= -15 + 10x_1. \end{aligned}$$

2. Підставляючи в одержані похідні кодовані значення факторів варіювання на нульовому рівні, одержуємо значення β_1 та β_2 : кодовані значення факторів варіювання на нульовому рівні складають $x_1 = 0$ та $x_2 = 0$, отже $\beta_1 = 10 + 10 \cdot 0 = 10$; $\beta_2 = -15 + 10 \cdot 0 = -15$.

3. Застосовуємо стандартну процедуру методу Бокса-Уілсона, але замість коефіцієнтів рівняння регресії b_1 та b_2 використовуємо β_1 та β_2 . Визначаємо базовий фактор:

$$\begin{aligned}\beta_1 \cdot \lambda_1 &= 10 \cdot 3 = 30; \\ \beta_2 \cdot \lambda_2 &= -15 \cdot 2 = -30.\end{aligned}$$

4. Призначаємо новий інтервал варіювання базового фактора ($S_{\text{баз}}$) у натуральних величинах (ф. 4.53):

$$S_{\text{баз}} = 0,5 \cdot 3 = 1,5.$$

5. Знаходимо коефіцієнти пропорційності K_i :

$$K_1 = 30 : 30 = 1; K_2 = -30 : 30 = -1.$$

6. Розраховуємо нові кроки для кожного фактора S_i :

$$S_1 = 1,5 \cdot 1 = 1,5; S_2 = 1,5 \cdot (-1) = -1,5.$$

7. Після знаходження нових умов експерименту розраховуємо приращення змінних у кодованих величинах:

$$\Delta x_1 = 1,5 : 3 = 0,5; \Delta x_2 = -1,5 : 2 = -0,75.$$

8. Одержані значення Δx_1 та Δx_2 використовуємо для подальших розрахунків x_3 та x_4 , які необхідні для визначення нових кроків матриці Бокса-Уілсона за наведеним вище алгоритмом:

$$x_3 = 0,5 + 0 = 0,5; x_4 = -0,75 + 0 = -0,75.$$

9. Знаходимо наступні кроки матриці «крутого сходження» за наведеним вище алгоритмом:

$$\beta_1 = 10 + 10 \cdot 0,5 = 15; \beta_2 = -15 + 10 \cdot (-0,75) = -22,5.$$

Визначаємо базовий фактор:

$$\begin{aligned}\beta_1 \cdot \lambda_1 &= 15 \cdot 3 = 45; \\ \beta_2 \cdot \lambda_2 &= -22,5 \cdot 2 = -45.\end{aligned}$$

Призначаємо новий інтервал варіювання базового фактора ($S_{\text{баз}}$) у натуральних величинах:

$$S_{\text{баз}} = 0,5 \cdot 3 = 1,5.$$

Знаходимо коефіцієнти пропорційності K_i :

$$K_1 = 45 : 45 = 1; K_2 = -45 : 45 = -1.$$

Розраховуємо нові кроки для кожного фактора:

$$S_3 = 1,5 \cdot 1 = 1,5; S_4 = 1,5 \cdot (-1) = -1,5.$$

Після знаходження нових умов експерименту розраховуємо прирощення змінних у кодованих величинах:

$$\Delta x_3 = 1,5 : 3 = 0,5; \Delta x_4 = -1,5 : 2 = -0,75.$$

Далі проводимо розрахунки аналогічно. Отримані кроки використовуємо для складання матриці крутого сходження (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Матриця крутого сходження Бокса-Уілсона

№ дослідун	Фактор варіювання		Результати експерименту			
	x_1	x_2	y_{k1}	y_{k2}	y_{k3}	y_k
1	$C_1 = 25$	$C_2 = 10$				
2	$C_1 + S_1 = 25 + 1,5 = 26,5$	$C_2 + S_2 = 10 + (-1,5) = 8,5$				
3	$26,5 + S_3 = 26,5 + 1,5 = 28,0$	$8,5 + S_4 = 8,5 + (-1,5) = 7,0$				

Проведення розрахунків для складання матриці крутого сходження за допомогою ПЕОМ для результатів ПФЕ 2²

Здійснення методу Бокса-Уілсона для знаходження оптимальних умов процесу під час використання лінійної математичної моделі можливо реалізувати з використанням стандартних прикладних програм (рис. 4.19, 4.20).

Microsoft Excel - Ond_испр

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
4	Y=29,0,9X1													
5	b ₁ =	-0,90	λ ₁ =	4			b ₁ · λ ₁ =	-3,6						
6	b ₂ =	0,00	λ ₂ =	20			b ₂ · λ ₂ =	0						
7	максимальним значенням є: 3,6													
8	λ ₁ =	4												
9	S _{баз} =	2												
10	K ₁ =	-1,00												
11	K ₂ =	0,00												
12	S ₁ =	-2,00												
13	S ₂ =	0,00												
14	Тривалість		Температура											
15	C ₁₁		C ₁₂		результати експерименту									
16	5		80											
17	3,00		80,00		14									
18	1,00		80,00		12									
19	-1,00		80,00											

лаб.р.1 / лаб.р.2 / лаб.р.3 / лаб.р.4 / **лаб.р.4.1** / Дода

Рисунок 4.19 – Застосування методу Бокса-Уілсона для знаходження оптимальних умов процесу під час використання лінійної математичної моделі

Microsoft Excel - Ond_испр

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
1	Проведення оптимізації процесу методом																Температура Тривалість																
2	"крутого сходження"																																
3	Y=29,0,9X1																																
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8	X ₁	X ₂	β ₁	β ₂	β ₁ ·λ ₁	β ₂ ·λ ₂	S _{баз}	K ₁	K ₂	S ₁	S ₂	ΔX ₁	ΔX ₂	C ₁₁	C ₁₂	Результати експерименту																	
9	0,00	0,00	-0,90	-0,33	-3,60	-6,67	10,00	-0,54	-1,00	-5,40	-10,00	-1,35	-0,50	-0,40	70,00	10																	
10	-1,35	-0,50	-0,80	-0,06	-3,20	-1,27	2,00	-1,00	-0,40	-2,00	-0,79	-0,50	-0,04	-5,80	60,00	15																	
11	-1,85	-0,54	-0,79	0,04	-3,17	0,73	2,00	-1,00	0,23	-2,00	0,46	-0,50	0,02	-7,80	59,21																		
12	-2,35	-0,52	-0,80	0,14	-3,19	2,73	2,00	-1,00	0,86	-2,00	1,72	-0,50	0,09	-9,80	59,67																		
13	-2,85	-0,43	-0,81	0,24	-3,26	4,73	10,00	-0,69	1,00	-6,88	10,00	-1,72	0,50	-11,80	61,39																		
14	-4,57	0,07	-0,91	0,58	-3,66	11,61	10,00	-0,31	1,00	-3,15	10,00	-0,79	0,50	-18,68	71,39																		
15	-5,36	0,57	-1,01	0,74	-4,06	14,76	10,00	-0,27	1,00	-2,75	10,00	-0,69	0,50	-21,83	81,39																		
16	-6,04	1,07	-1,11	0,88	-4,46	17,51	10,00	-0,25	1,00	-2,54	10,00	-0,64	0,50	-24,57	91,39																		

Загальні положення / лаб.р.1 / лаб.р.2 / лаб.р.3 / **лаб.р.4** / лаб.р.4.1 / Додаток

Рисунок 4.20 – Процедура лінеаризації рівняння регресії

У результаті модель набуває лінійного вигляду, для якого можливе використання методу крутого сходження Бокса-Уілсона. Значення показників приладу заносяться в оранжеві комірки матриці. При цьому автоматично визначається мінімальне або максимальне значення показника приладу серед решти. Це дозволить вибрати оптимальні умови проведення процесу згідно з поставленою дослідником метою (мінімізація або максимізація).

Даний метод полягає в почерговій зміні всіх незалежних змінних таким чином, щоб за кожної з них досягалося найбільше (найменше) значення цільової функції – Y . Черга зміни незалежних факторів встановлюється довільно і не змінюється протягом проведення дослідження. Кожний фактор змінюється доти, поки за даним напрямком не буде досягнуто мінімум (максимум). Після цього починається пошук за наступним напрямком. Стратегія пошуку мінімуму за кожною змінною може бути будь-якою. Наприклад, можна використати стратегію пошуку екстремуму функції однієї змінної.

Оскільки зміна незалежних параметрів відбувається в заздалегідь визначеному порядку, це збільшує час проведення досліджень.

Оптимізація технологічного процесу за методом Гаусса-Зейделя

За даного методу не потрібно проводити обчислення похідних цільової функції, що дещо скорочує обсяг обчислення.

Рух до екстремуму за використання цього методу для двофакторного експерименту показано на рис. 4.21.

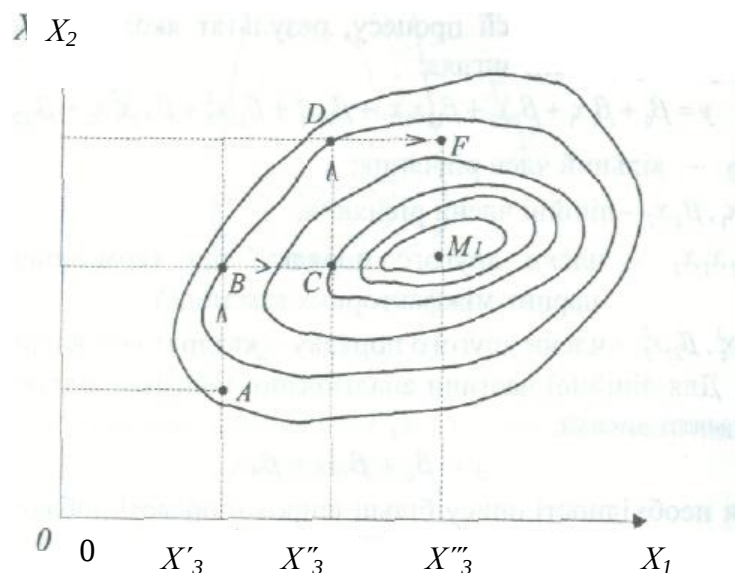


Рисунок 4.21 – Схема оптимізації процесу за методом Гаусса-Зейделя

Із рисунка 4.21 видно, що за початок взяли точку А. За фіксованих значень X_1 точка А рухається з деяким постійним кроком, змінюючи змінну X_2 доти, поки не буде досягнуто часткового максимуму в точці В. Потім, фіксуючи значення X_2 на рівні, що відповідає знайденому максимуму в точці В, рухається з деяким новим кроком, змінюючи X_1 , до досягнення нового часткового максимуму в точці С.

Після цього змінна X_1 знову фіксується, і рух із меншим кроком відбувається знову в напрямку X_2 до часткового максимуму в точці D і так далі.

Таким чином, багаторазово варіюючи кожний фактор за фіксованого положення іншого (або всіх інших за більшої кількості факторів), досягають оптимальної області.

Недоліком даного методу є складність обчислення екстремуму за умови врахування обмежень, що накладаються на цільову функцію, або за деяких її особливостей, наприклад, можливість виникнення ярів.

Проте простота цього методу та невеликий обсяг обчислень, який необхідний для його реалізації, зумовив його розповсюдження в автоматичних системах екстремального керування.

Експериментальна оптимізація

Зростання технічного прогресу призводить до збільшення складності технологічних процесів, що викликає необхідність роботи приладів за оптимальних режимів особливо в умовах ринкових відношень. Це означає, що режим роботи обладнання має бути таким, при якому вихід готової продукції знаходиться на максимальному рівні. Це означає, що цільові величини, які визначають показники роботи обладнання, повинні бути на максимальному рівні, тобто працювати в оптимальних умовах.

Необхідність рішення цих задач виникає за різних форм раціоналізації виробництва, таких як інтенсифікація виробничих процесів, покращення якості продукції, збільшення обсягів випуску продукції, а також під час вибору найкращих режимів експлуатації.

Для рішення задачі знаходження оптимуму обраної цільової функції з відповідними конкретними умовами використовують два принципово різних підходи:

1. Визначення оптимальних умов за допомогою моделі об'єкта. При цьому передбачається, що є статистична модель, яка знайдена за допомогою експериментів, що відтворює математичний опис об'єкта.
2. Знаходження оптимальних умов безпосередньо на об'єкті без використання моделі.

Цей метод передбачає існування об'єкта та можливість проведення на ньому експерименту, він не потребує побудови

математичної моделі. Проте такий підхід не може бути використаний під час створення нових процесів до їх технічної реалізації.

Обидва методи використовують поняття функції відгуку:

$$y=f(x_1, x_2...x_n), \quad (4.59)$$

де y – цільова (вихідна) величина;

x_i – вхідні змінні.

Шляхом вибору вхідних величин необхідно забезпечити екстремальне значення цільової величини:

$$y=extr. \quad (4.60)$$

Проте між експериментами на лабораторних та промислових установках є низка суттєвих відмінностей, до яких треба віднести:

- малі можливості зміни режимів роботи в промислового обладнання, тому що є можливість погіршити якісні показники готової продукції;

- відносно великий рівень перешкод за рахунок великої кількості неконтрольованих факторів у промислових установках;

- використання високоточної вимірювальної апаратури в лабораторних установках на відміну від менш точної апаратури на промислових установках;

- можлива зміна параметрів об'єкта за час експлуатації.

Ці особливості привели до необхідності розробки спеціальних методів пошуку оптимальних умов роботи у промислових установках.

Розглянемо основні методи експериментальних досліджень.

Експериментальна оптимізація у випадку однієї змінної. Існує низка засобів вибору точок проведення експерименту для одновимірного випадку. Найпростіший спосіб – це реалізація еквідистантних планів. У них точки проведення дослідів знаходяться на рівній відстані одна від іншої. Для випадку, коли екстремум цільової функції повинен бути визначений за відносно малої кількості дослідів, розроблено спеціальні плани. У разі використання цих планів до вигляду функції, що досліджується, висувається вимога: вона повинна мати один екстремум. Причому інтервал пошуку обмежений. Скорочення початкового інтервалу здійснюється шляхом порівняння цільової функції у двох точках, які обирають відповідним чином. Як міру ефективності плану використовують відношення величини початкового інтервалу I_0 до остаточного інтервалу Δx_N після N дослідів, всередині якого знаходиться екстремум цільової функції:

$$E = \frac{b - a}{\Delta x_N}. \quad (4.61)$$

Еквідистантні плани. Для цього плану проведення експерименту N точки розташовують на однакових відстанях одна від іншої. Досліди проводяться за значень:

$$x^i = a + \frac{b-a}{N-1}, \quad i = 0(1)N. \quad (4.62)$$

Для даного плану міра ефективності дорівнює $E=N-1$.

План, що використовує числа Фібоначі

Числа Фібоначі визначаються наступною послідовністю:

$$F_0 = F_1 = 1, F_k = F_{k-1} + F_{k-2}, \quad F_0 = F_1 = 1, \quad F_k = F_{k-1} + F_{k-2}, \quad k \geq 1. \quad (4.63)$$

Якщо треба знайти положення екстремуму функції $f(x)$ на інтервалі $[a, b]$ з абсолютною похибкою, що не перебільшує:

$$\Delta = \frac{b-a}{F_s}, \quad (4.64)$$

де F_s – s -те число Фібоначі, то для знаходження положення екстремуму необхідно знайти не більше s значень функції $f(x)$.

Порядок проведення експерименту для знаходження мінімуму функції здійснюється наступним чином. За заданою точністю Δ , із якою необхідно знайти положення екстремуму функції $f(x)$ на інтервалі $[a, b]$, визначаємо допоміжне число N :

$$N = \frac{b-a}{\Delta}. \quad (4.65)$$

Для здобуття значення N знаходимо таке число Фібоначі F_s щоб виконувалося нерівність:

$$F_{s-1} \leq N \leq F_s. \quad (4.66)$$

Визначаємо мінімальний крок пошуку за формулою:

$$\Delta_m = \frac{b-a}{F_s}. \quad (4.67)$$

Розраховується значення функції $f(x)$ на початку інтервалу $f(a)$.

Наступна точка, у якій обчислюється значення $f(x)$, знаходиться за формулою:

$$x^1 = a + \Delta_m F_{s-2}. \quad (4.68)$$

Якщо цей крок є вдалим, тобто $f(x^1) < f(a)$, наступна точка визначається як:

$$x^2 = x^1 + \Delta_m F_{s-2}. \quad (4.69)$$

При $f(x^1) > f(a)$ (крок невдалий):

$$x^2 = x^1 - \Delta_m F_{s-2}. \quad (4.70)$$

Наступні кроки виконуються зі зменшенням величини кроку, яка для i -го кроку буде дорівнювати:

$$\Delta x^i = \pm \Delta_m F_{s-i-2} \quad (4.71)$$

відповідно за наступним правилом. Якщо під час виконання кроку Δx^i значення функції в точці

$$x^{i+1} = x^i + \Delta x^i \quad (4.72)$$

визначається менше, тобто $f(x^{i+1}) < f(x^i)$ (крок вдалий), то наступний $(i+1)$ -й крок виконується з точки

$$x^{i+2} = x^i - \Delta x^{i+1}. \quad (4.73)$$

Якщо i -й крок є невдалим, тобто $f(x^{i+1}) > f(x^i)$, то наступний $(i+1)$ -й крок виконується з точки x^i :

$$x^{i+2} = x^i + \Delta x^{i+1}. \quad (4.74)$$

Розглянутий процес продовжується доти, поки не будуть використані всі числа Фібоначі, що являють собою спадну послідовність:

$$F_{s-i-2} = F_{s-1} - F_{s-i-1} \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (4.75)$$

Таким чином, під час використання чисел Фібоначі можна суттєво скоротити час визначення положення оптимуму.

Сліпий пошук та метод випадкових напрямків

Метод випадкового пошуку полягає в тому, щоб шляхом перебирання випадкових сукупностей значень незалежних змінних знайти оптимум цільової функції або напрямок руху до неї. Існує велика кількість методів випадкового пошуку. Спільним для них є використання випадкових чисел у процесі пошуку.

Уведемо поняття випадкового вектора:

$$a = |a_1, a_2, \dots, a_n|. \quad (4.76)$$

Відносно вектора a припустимо, що він з однаковою імовірністю може приймати будь-який напрямок у n -вимірному просторі та має довжину, що дорівнює 1. Такий вектор може бути створений із

послідовності випадкових чисел v_j ($j=1, \dots, n$), що рівномірно розподілені на числовому інтервалі $(-v, v)$.

Для знаходження випадкового вектора a за допомогою випадкових чисел v_j виразимо компоненти випадкового вектора a співвідношеннями:

$$a_j = \frac{b_j}{\sqrt{\sum_{k=1}^n b_k^2}} \quad j=1, \dots, n. \quad (4.77)$$

За такого способу визначення випадкового вектора a його довжина дорівнюватиме 1 і він буде визначати випадковий напрямок у n -вимірному просторі. Крім поняття вибору випадкового напрямку в n -вимірному просторі, визначимо поняття випадкової точки в цьому просторі. Під випадковим вибором точки у в заданій області простору розуміється випадковий вибір з імовірністю знаходження в заданому колі будь-якої точки області, що досліджується. Координати випадкової точки також можуть бути знайдені за допомогою випадкових чисел. Розглянемо основні методи випадкового пошуку.

Сліпий пошук. У допустимій області факторного простору, де, за припущенням, повинен знаходитися максимум цільової функції, випадковим чином знаходиться точка, у якій реалізується експеримент. Знайдена величина цільової функції в цій точці порівнюється з величиною цільової функції в іншій точці, що знайдена також випадковим чином. Найбільше значення цільової функції та її координати запам'ятовують. Далі знову випадковим чином визначається точка з допустимої області та проводиться порівняння. За великої розмірності факторного простору та вимог досить точного визначення точки оптимуму використання цього методу призводить до реалізації великої кількості дослідів. Кількість дослідів N може бути розраховано з наступної наближеної формули:

$$N \approx \left(\frac{1}{\Delta} \right)^n \ln \frac{1}{1 - P_{\Delta}}, \quad (4.78)$$

де P_{Δ} – імовірність знаходження положення оптимуму з точністю до величини Δ ;

Δ – границя точності за кожною координатою факторного простору (відношення модуля відхилення дійсного положення екстремуму x від експериментально знайденого x_{onm} до діапазону зміни фактора).

$$\Delta = \frac{|x - x_{onm}|}{x_{\max} - x_{\min}}. \quad (4.79)$$

Наприклад, якщо необхідно знайти положення оптимуму в тривимірному просторі, причому з імовірністю $P_{\Delta}=0,8$ повинна бути забезпечена точність за кожною координатою $\Delta = 10^{-2}$, то кількість потрібних дослідів дорівнює:

$$n = (10^2)^3 \text{Ln}5 \approx 1,6 \cdot 10^6. \quad (4.80)$$

Метод випадкових напрямків. Цей метод полягає в тому, що з точки можливої області з відомим значенням цільової функції робиться крок у випадковому напрямку і в отриманій точці робиться експеримент. Якщо цільова величина в цій точці є більшою, ніж у початковій точці, то цей крок є успішним і наступний крок робиться в тому ж напрямку. Якщо попередній крок є невдалим, то здійснюється повернення до початкової точки. Пошук припиняється, коли за певної кількості кроків не відбувається збільшення цільової функції.

Існують ще кілька методів імовірного пошуку (метод випадкових напрямків із зворотнім кроком, метод випадкових напрямків із лінійним перерахуванням та ін.). В основі цих методів лежить використання випадкових чисел. Основна складність використання цих методів полягає в розробці відповідних алгоритмів отримання випадкових чисел та відносно великій кількості дослідів, які необхідно провести. На сьогодні ці методи ще не набули широкого використання.

Послідовний симплексний метод

Даний метод використовується під час проведення експериментів у виробничих умовах із метою знаходження оптимальних значень цільової величини процесу (вихід готової продукції, сумарний дохід, мінімум втрати певної величини виробничого процесу). Цей метод не потребує попередніх визначень математичної моделі процесу та значень похідних. Використання методу потребує проведення мінімально можливої кількості дослідів під час визначення напрямку пересування та незначних за обсягом обчислень. Метод заснований на активному експерименті та може використовуватися як у практиці наукових досліджень, так і під час управління технологічним процесом.

В основі методу лежить поняття симплекса. Симплексом називають найпростішу випуклу геометричну фігуру. Під n -вимірним симплексом у n -вимірному просторі E_n розуміють фігуру, що створена множиною $(n+1)$ точок, які не належать одночасно ні одному $(n-1)$ -вимірному підпростору даного простору E_n . Ці $(n+1)$ точки мають назву вершини симплекса. Кількість вершин симплекса завжди на одиницю більша розмірності n простору E_n . У двовимірному просторі, наприклад, симплексом є будь-який трикутник.

Симплекс є регулярним, коли відстань між точками, що створюють симплекс, однакові. Із довільного симплекса завжди можна створити регулярний шляхом перетворення системи координат. У подальшому будуть розглядатися лише регулярні симплекси.

Побудова початкового симплекса. Розташуємо одну з вершин симплекса на початку координат, а інші – так, щоб ребра, що виходять із першої вершини, створювали однакові кути з відповідними координатними осями.

Симплекс для двовимірної координатної площини показано на рис. 4.22.

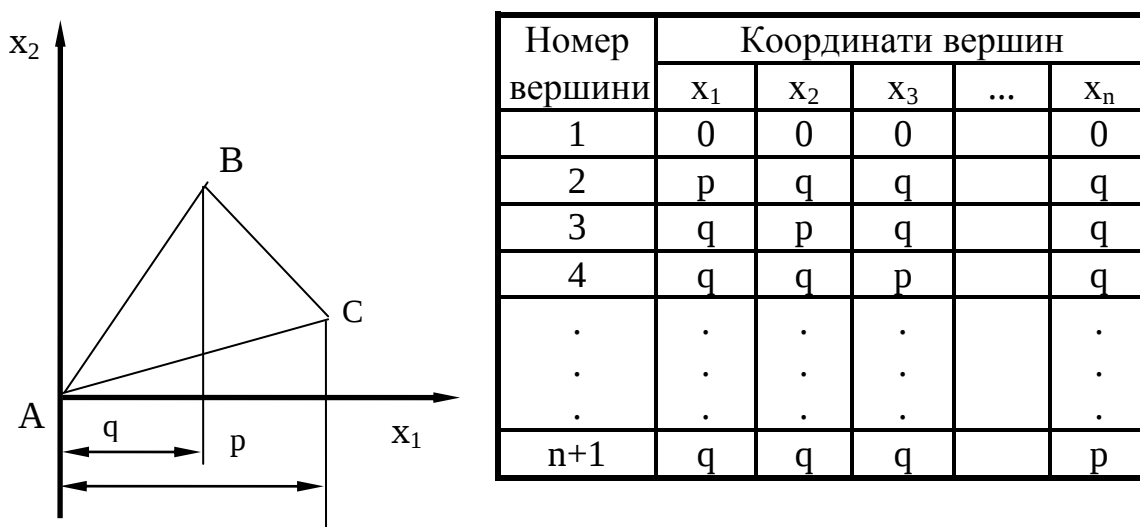


Рисунок 4.22 – Симплекс для двовимірної координатної площини

Координати вершин симплекса можуть бути представлені наступною матрицею. Обчислення точок p та q здійснюється за формулами:

$$p = \frac{1}{n\sqrt{2}}(n-1+\sqrt{n+1}), \quad q = \frac{1}{n\sqrt{2}}(\sqrt{n+1}-1). \quad (4.81)$$

Довжина ребра симплекса дорівнює одиниці.

Наприклад, побудуємо симплекс для двох змінних x_1 і x_2 та визначимо значення p та q за формулами:

$$p = \frac{1}{2\sqrt{2}}(2-1+\sqrt{2+1}) = 0,966;$$

$$q = \frac{1}{2\sqrt{2}}(\sqrt{2+1}-1) = 0,258. \quad (4.82)$$

Знайдені числа відносяться до одиничної довжини ребра. Для знаходження природної величини ребра отримані дані необхідно помножити на природне значення.

Розглянемо приклад застосування симплекс-методу для знаходження найменшого значення цільової функції двох змінних. Експериментальне визначення оптимуму цільової функції здійснюється за допомогою наступного алгоритму.

1. Перетворення вхідних змінних таким чином, щоб зміна кожної вхідної змінної на умовну одиницю приводила до приблизно однакової зміни цільової величини.

2. Розрахунок координат для проведення перших дослідів.

3. Відкидання точок із найгіршими значеннями, отриманими під час дослідів, і побудова нового симплекса шляхом дзеркального відображення відкинутої вершини відносно протилежної їй $(n-1)$ -вимірної грані початкового симплекса. Координати нової точки для проведення дослідів знаходять за формулою:

$$x^* = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n+1} x^i - \left[\frac{2}{n} + 1 \right] x^j, \quad (4.83)$$

де j – номер вершини початкового симплекса з найгіршим значенням цільової функції.

Розглянемо ілюстративний приклад визначення найменшого значення функції двох змінних. Після визначення точок проведення експерименту знаходимо відповідні відгуки. Процес пошуку найкращого значення наведено на рис. 4.23.

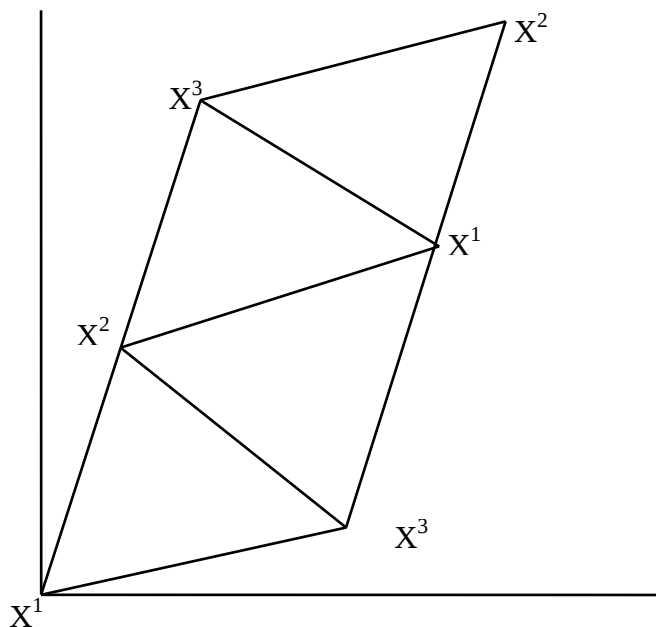


Рисунок 4.23 – Пошук оптимуму симплексним методом

Припустимо, що найгірше значення належить точці x^{10} . Згідно з наведеним алгоритмом пошуку необхідно побудувати новий симплекс,

у якому точка x^{10} замінюється вершиною x^{11} , яка розташована симетрично центра грані симплекса, що знаходиться напроти вершини x^{10} . Тобто початковий трикутник обертається відносно точок x^{20} , x^{30} . У новій точці знаходимо значення відгуку та порівнюємо зі значеннями в точках x^{20} , x^{30} . Припустимо, що найгіршою точкою є x^{30} . Знову будуємо новий симплекс із вершиною в точці x^{32} і проводимо дослід. Загальний вигляд проведення дослідів для знаходження мінімального значення функції наведено на рис. 4.23. За умови виникнення ефекту повторення точок симплекса слід зменшити величину ребра симплекса та продовжити проведення дослідження. Критерієм закінчення пошуку можуть бути розміри симплекса. Пошук припиняється, коли всі ребра симплекса стануть менші наперед заданої малої величини.

Перевагою цього методу є те, що після проведення кожного дослідів необхідно визначити лише одне значення наступної точки для проведення дослідження.

Переваги послідовного симплексного методу:

- кількість дослідів для визначення напрямку руху відносно невелика порівняно з іншими методами експериментальної оптимізації. Кожний додатковий вхідний фактор потребує лише одного додаткового дослідів;
- даний метод потребує незначного обсягу обчислення;
- обмеження на область дозволених значень зміни вхідних факторів легко врахувати під час проведення дослідів;
- напрямок руху визначається лише співвідношенням величин цільової функції у вершинах симплекса, а не їх абсолютними значеннями. Напрямок руху незначно відрізняється від руху крутого сходження.

Недоліки послідовного симплекс-методу:

- реалізація методу не дає інформації про вплив кожної вхідної змінної на цільову функцію;
- рух за правилами симплекса не дає уявлення про характер поверхні відгуку.

Слід додати, що за двох вхідних змінних наочно можна контролювати хід процесу оптимізації. За більшої кількості змінних це стає неможливим. Цей метод доцільно використовувати під час проведення досліджень таких об'єктів, які обладнані приладами для автоматизації проведення досліджень або підключені до відповідної обчислювальної техніки.

4.5. Оцінка точності результатів експерименту

Основною складовою будь-якого експерименту є виміри. Від старанності вимірів і наступних обчислень залежать результати експерименту.

Варто пам'ятати, що ніякі виміри не можуть бути виконані абсолютно точно. Отриманий результат завжди містить деяку помилку. Оцінка точності вимірів є необхідною частиною будь-якого експерименту.

Часто намагаються зробити виміри з найбільш можливою точністю, тобто зменшити помилку виміру.

Проте слід мати на увазі, що чим точніше ми хочемо виміряти, тим важче це зробити. Тому не варто робити виміри з більшою точністю, ніж це необхідно для розв'язання поставленої задачі. Так, для виготовлення книжкової полиці довжину дощок цілком достатньо вимірювати з точністю до 1 см (близько 1%), для виготовлення підшипників необхідна точність у 0,001 мм (близько 0,01%), а для визначення довжини хвиль спектральних ліній потрібна точність до 10^{-11} см (близько $10^{-5}\%$).

Розрахунок помилки експерименту здійснюється за наступним алгоритмом (рис. 4.24).

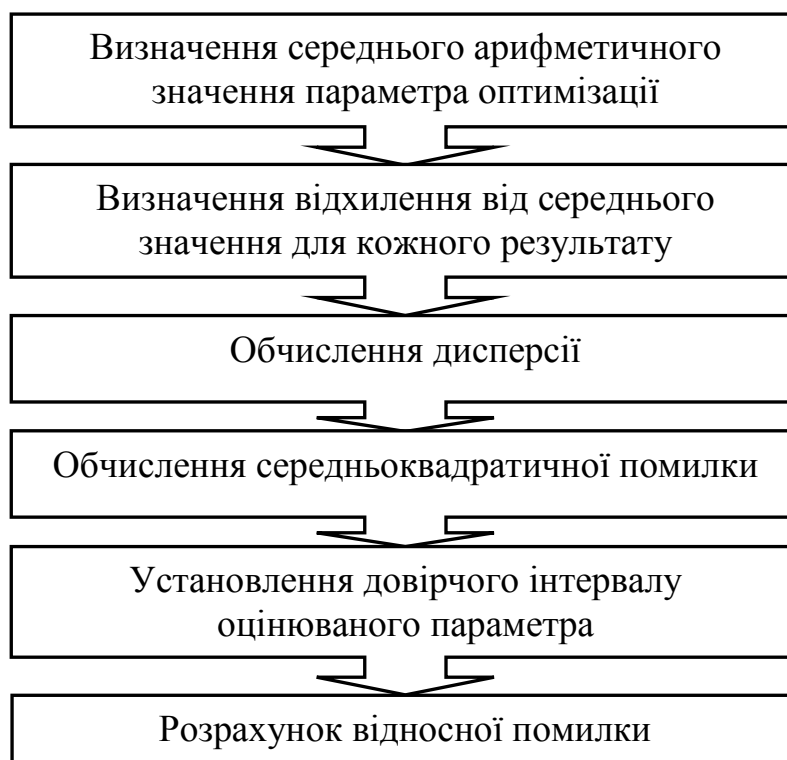


Рисунок 4.24 – Алгоритм визначення відносної помилки експериментальних досліджень

Середнє арифметичне значення вимірюваного параметра $\bar{y}$ у розраховують за формулою:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^n y_k}{n}, \quad (4.84)$$

де y_k – значення вимірюваного параметра в окремих дослідах експерименту;

k – номер досліду;

n – кількість дослідів.

Відхилення від середнього значення для кожного результату y_k визначають за формулою:

$$\Delta y_k = y_k - \bar{y}. \quad (4.85)$$

Ці відхилення характеризують абсолютну помилку визначення. Чим точніше здійснюють дослід, тим менше значення помилки.

Дисперсію визначають за формулою:

$$S^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1}. \quad (4.86)$$

Дисперсія показує, яким чином отримані результати групуються навколо середньоарифметичного значення, тобто дисперсія характеризує міру розкиду y_k навкруги $\bar{y}$.

Середньоквадратична помилка являє собою оцінку стандартного відхилення S :

$$S = \sqrt{S^2}. \quad (4.87)$$

Довірчий інтервал параметра y встановлюється для оцінки надійності одержаних результатів:

$$\bar{y} - \delta < y_0 < \bar{y} + \delta, \quad (4.88)$$

де y_0 – точне значення параметра, який оцінюємо;

δ – точність отриманого середнього результату:

$$\delta = \frac{S \cdot t_\alpha}{\sqrt{n}}, \quad (4.89)$$

де S – оцінка стандартного відхилення, яку знайдено раніше – ф. 4.86;

n – число дослідів;

t_α – критерій Стюдента.

Критерій t_α із довірчою ймовірністю α показує, у скільки разів модуль різниці між істинним значенням величини, що визначається y_k ,

та середнім значенням у більший за стандартне відхилення середнього результату $t_{\alpha} = \Delta y / S_{(\bar{y})}$

Табличні значення t_{α} обирають залежно від довірчої ймовірності α та кількості ступенів волі $f = n - 1$. Для хіміко-технологічних досліджень α приймають 0,95 (додаток А, табл. А.2).

Після знаходження критерію t_{α} розраховують точність отриманого середнього результату за ф. 4.89 і встановлюють інтервал за ф. 4.88, у якому з довірчою ймовірністю 0,95 знаходиться середній результат.

Відносна помилка досліджень визначається у відсотках:

$$\sigma = \frac{\delta \cdot 100}{\bar{y}} . \quad (4.90)$$

Якщо відносна помилка надто велика, то слід перевірити дані на наявність грубих помилок. Для цього порівнюють дані та виявляють підозрілі, які дуже відрізняються від решти даних. Ці значення відкидають і знаходять за рештою значень середнє арифметичне та середньоквадратичне відхилення за формулами 4.84 і 4.87. Знаходять розрахункове значення критерію Стьюдента

$$t_p = \frac{y_k - \bar{y}}{\overline{y}} \quad (4.91)$$

і порівнюють його з табличним значенням t_{α} . У випадку $t_p > t_{\alpha}$ підозрілий результат необхідно відкинути й ще раз провести всі розрахунки без урахування цього значення.

Питання для самоперевірки:

1. Розкрийте поняття планування експерименту та його сутність.
2. Що є задачею оптимізації?
3. Що таке об'єкт дослідження? Які вимоги до нього висуваються?
4. Що таке параметр оптимізації та які критерії його вибору?
5. Розкрийте поняття пасивного та активного експерименту.
6. Яке призначення кібернетичної (параметричної) моделі «чорний ящик»?
7. Укажіть структурні елементи моделі «чорний ящик».
8. Для чого призначена операція ранжування входних параметрів?
9. Що таке фактори варіювання та параметр оптимізації?

10. Які вимоги висуваються до факторів варіювання та параметра оптимізації?
11. Які види методів дослідження застосовують у сучасній науці?
12. Що є факторним простором?
13. У чому полягає сутність методу планування експерименту?
14. Що таке функція відгуку?
15. Який вигляд має функція відгуку за одно- та двофакторного експериментів?
16. Що таке рівняння регресії?
17. Укажіть етапи визначення факторного простору.
18. Для чого призначений метод найменших квадратів?
19. У яких випадках визначають адекватність математичної моделі реальному процесу?
20. Як знайти дисперсію відтворюваності та дисперсію адекватності?
21. Розкрийте сутність та послідовність дробового факторного експерименту.
22. У чому полягає послідовний метод побудови математичної моделі?
23. Для чого призначений рекурентний алгоритм обчислення математичної моделі?
24. У чому полягає сутність методу оптимізації технологічного процесу Бокса-Уілсона? Укажіть кроки його здійснення.
25. Як здійснюють лінеаризацію нелінійної математичної моделі?
26. Розкрийте сутність, переваги та недоліки методу оптимізації Гаусса-Зейделя.
27. У чому полягають методи випадкового пошуку?
28. Охарактеризуйте метод сліпого пошуку екстремуму.
29. Що лежить в основі методів випадкових напрямків?
30. Які підходи застосовують для реалізації методу експериментальної оптимізації?
31. У чому полягає сутність планів, що використовують числа Фібоначі?
32. Розкрийте сутність симплекс-методу оптимізації. Які його переваги та недоліки?
33. Які помилки бувають в експериментальних дослідженнях?
34. У чому полягає методика розрахунку помилки експерименту?
35. Яке значення відносної помилки повинно бути для хіміко-технологічних досліджень?
36. Охарактеризуйте кроки розрахунку однорідності дисперсій. Що означає неоднорідність дисперсій?
Як розраховують дисперсність відтворюваності?

РОЗДІЛ 5

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Науково-технічна інформація та її роль у наукових дослідженнях

Наукова діяльність нерозривно пов'язана зі збиранням та обробкою різного роду інформації. Величезна кількість нових наукових даних є однією з головних характеристик розвитку сучасної науки. Темпи накопичення та передачі інформації зростають, але, не дивлячись на це, деякий обсяг науково-технічної інформації залишається неопублікованим. Недостатнє використання інформаційних джерел може стати причиною дублювання досліджень і, як наслідок, призводить до значних економічних втрат. У зв'язку з цим першим етапом кожного наукового дослідження є вивчення й узагальнення науково-технічної інформації з будь-якої наукової проблеми. Рівень наукових досягнень залежить від достовірності, міри використання інформації та здатності дослідника перероблювати одержану інформацію.

У перекладі з латинської (*information*) слово «інформація» означає роз'яснення. *Роз'яснення* – це певні відомості про оточуюче середовище та процеси, які в ньому відбуваються, сукупність якихось даних, систематизована подача певного відібраного матеріалу, але без будь-якого аналізу. Інформація є характеристикою не повідомлення, а співвідношення між повідомленням і його споживачем. У широкому сенсі *інформація* – це знання, відомості, дані, що одержуються та накопичуються в процесі розвитку науки та практичної діяльності людей, які можуть бути використані в суспільному виробництві як фактор збільшення обсягу виробництва та підвищення його ефективності. А у вузькому сенсі *інформація* – це відомості, які є об'єктом обробки, передавання та зберігання, а також сам процес передавання інформації.

У сучасній науці розглядаються два види інформації:

- *Об'єктивна* (первинна) інформація – властивість матеріальних об'єктів і явищ (процесів) породжувати різноманітні стани, які за допомогою взаємодій передаються іншим об'єктам і запам'ятовуються в їхній структурі.

- *Суб'єктивна* (семантична, значеннева, вторинна) інформація – смисловий зміст об'єктивної інформації про об'єкти й процеси матеріального світу, сформований свідомістю людини за допомогою смислових образів (слів, образів і відчуттів) і зафіксований на якомусь матеріальному носії.

Інформації притаманна низка властивостей, що характеризують її якісні ознаки: достовірність, повнота, цінність, своєчасність, зрозумілість, доступність, лаконічність та ін.

Інформація *достовірна*, якщо вона відбиває дійсний стан справ. *Недостовірна* інформація може призвести до неправильного розуміння або прийняття неправильних рішень. Достовірна інформація згодом може стати недостовірною, тому що вона має властивість застарівати. «Старіння» є наслідком появи нової друкарської інформації або зниження потреби в даній інформації. Закордонні джерела свідчать, що інтенсивність падіння цінності інформації складає для газет – 10% у день, для журналів – 10% на місяць, для книг – 10% на рік.

Інформація *повна*, якщо її достатньо для розуміння й прийняття рішень. Як неповна, так і надлишкова інформація стримує прийняття рішень або може спричинити помилки. *Точність* інформації визначається ступенем її близькості до реального стану об'єкта, процесу, явища та ін. *Цінність* інформації залежить від того, наскільки вона важлива для розв'язку завдання, а також від того, наскільки далі вона знайде застосування в яких-небудь видах діяльності людини. Якщо цінна і своєчасна інформація виражена незрозумілим чином, вона може стати некорисною. Лише вчасно отримана інформація може принести очікувану користь. Однаково небажані як передчасна подача інформації, так і її затримка.

Інформація стає зрозумілою, якщо вона виражена мовою, на якій говорять ті, кому вона призначається, та подається в доступній (за рівнем сприйняття) формі. Тому ті самі питання по-різному викладаються в шкільних підручниках і наукових виданнях. Інформацію з одного питання можна викласти коротко (стисло, без несуттєвих деталей – у довідниках, енциклопедіях, підручниках) або докладно (багатослівно).

Уся інформація в загальному вигляді класифікується наступним чином (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Класифікація інформації

№ з/п	Класифікаційна ознака	Вид інформації
1	2	3
1	За ступенем наукової новизни	нова – відображає новизну запропонованого рішення теоретичного або практичного завдання релевантна – яка раніше містилась в аналогах (наприклад, у методичних вказівках)

Продовження табл. 5.1

1	2	3
2	За призначенням	повідомлювальна – отримана в процесі дослідження
		управлінська – необхідна для прийняття управлінських рішень
3	За тривалістю періоду зберігання актуальності та використання для прийняття рішень	теоретична (наукова) – результати фундаментальних чи прикладних наукових досліджень у різних галузях, які широко використовуються у виробництві та управлінні
		стратегічна – зберігає актуальність протягом тривалих періодів (10–15 років): довготривалі плани й прогнози, дані про повільно змінювані об'єкти, проектно-конструкторська документація
		тактична (кон'юнктурна) – із періодом актуальності 2–3 роки і менше
		оперативна – актуальна в межах одного циклу оперативного управління
4	Залежно від об'єкта, який відображає	природнонаукова – характеризує зв'язки між природними об'єктами
		техніко-технологічна – відображає взаємозв'язки між предметами природи, які стосуються технології та технічних засобів
		економічна – розкриває відносини між людьми в процесі виробництва, розподілу, обміну та споживання
		соціально-політична – інформація про соціальні, політичні, ідеологічні відносини між людьми
5	Залежно від того, що в об'єкті відображається	законодавчі акти, документи уряду, положення, інструкції різних органів управління
		дані демографічних та соціологічних досліджень
		матеріали економічних теорій
		дані про рівень розвитку техніки, технології і тенденції їх розвитку
		інформація щодо стану процесів виробництва та господарських зв'язків

Наукова інформація – особливий вид логічної інформації, що являє собою адекватне відображення сучасного стану науки, об'єктивних закономірностей природи, суспільства та мислення.

У сучасних умовах джерела інформації можуть забезпечити 95...98% усіх необхідних ученому відомостей. Лише 2...5% залишається на самостійне вирішення наукових і технічних питань.

Наукова інформація відіграє таку роль у наукових дослідженнях:

- є одним із факторів підвищення продуктивності праці в галузі науки та дослідницьких робіт. За сучасного рівня розвитку наукові досягнення мають ті колективи дослідників, які одержують достатню та цілеспрямовану інформацію. Рівень наукових досягнень залежить від достовірності, міри використання інформації та здатності дослідника переробити одержану інформацію;
- сприяє зростанню творчих досягнень дослідника;
- є інструментом виключення паралелізму та повторення в роботі;
- дає знання про зв'язок спеціальних галузей науки;
- інформаційно-наукова діяльність є основою поєднання ідей та лежить в основі наукових досліджень.

Прийнято виділяти три основних функції наукової інформації (рис. 5.1).

Завданням *інформаційної* функції є інформування учасників науково-дослідного простору щодо стану та сутності досліджуваних об'єктів або процесів. Інформаційне забезпечення виступає засобом комунікації науковців із питань, що стосуються їхньої професійної діяльності.



Рисунок 5.1 – Основні функції наукової інформації

Стимулююча функція полягає в тому, щоб привести науковців до нової постановки питання, нових рішень, сприяти їх реалізації у виробництві з найвищим ефектом.

Орієнтуюча функція знаходить відображення в положеннях, нормах, цільових установах, які науковці сприймають як обов'язкові для того, щоб досягти необхідних наукових результатів у короткий термін та впровадити їх на практиці.

Із метою забезпечення конкретного наукового дослідження сучасною інформацією необхідно:

- чітко визначити зміст і напрям пошуку інформації;
- установити її можливі джерела;
- визначити шляхи доступу до інформаційних ресурсів.

Інформаційні ресурси – це сукупності інформаційних матеріалів за певним змістом і у вигляді певних носіїв (електронних, друкованих тощо). Структурною одиницею інформаційного ресурсу є науковий документ, тобто матеріальний об’єкт, який містить науково-технічну інформацію та призначений для її збереження й використання.

Шляхами доступу до інформаційних ресурсів є: глосарії, тезауруси, класифікації, інструкції, описи, положення тощо.

5.2. Класифікація джерел наукової інформації

Джерело наукової інформації – це документ, що викладає будь-який науковий факт і є засобом передавання наукової інформації в просторі та часі. Документом, що призначений для розповсюдження інформації, є *видання*. Видання проходить редакційно-видавничську обробку та друкується типографським шляхом.

Повну класифікацію інформаційних джерел та перелік видів видань наведено в ДСТУ 3017–95 «Видання. Основні види. Терміни та визначення». Основні класифікаційні ознаки джерел інформації розглянуто нижче (рис. 5.2).

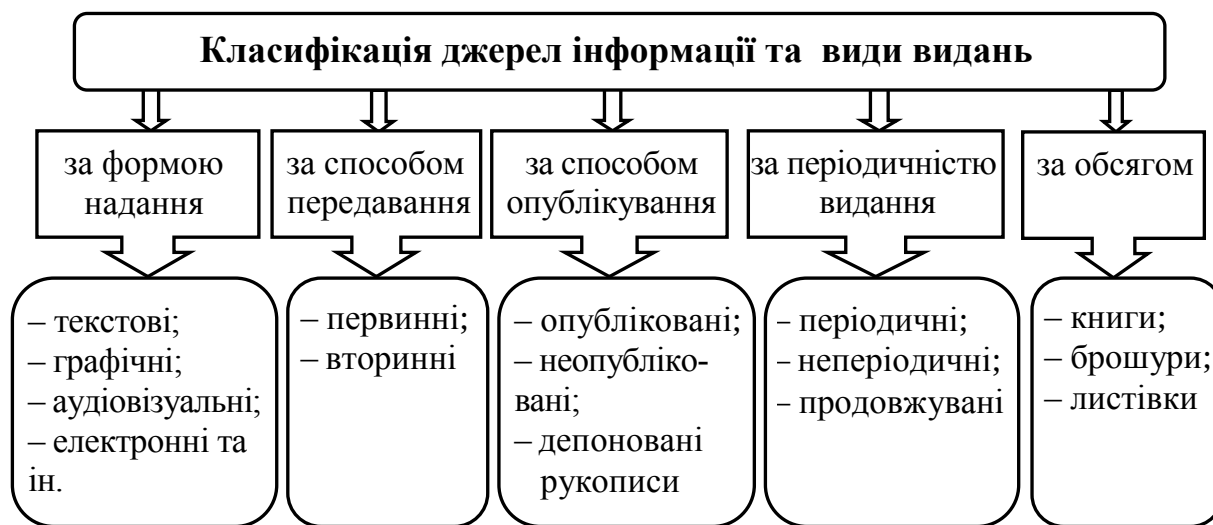


Рисунок 5.2 – Джерела наукової інформації

За формою надання розрізняють *текстові* джерела інформації (книга, журнал, рукопис та ін.), *графічні* (графік, креслення, план, карта та ін.), *аудіовізуальні* (звукозапис, відеозапис) та *електронні* (інформація на електронних носіях, ресурси мережі Internet).

За способом передавання наукової інформації всі джерела розподіляють на дві групи – первинні та вторинні.

Первинні (фактографічні) документи містять безпосередньо результати наукових досліджень, проектно-конструкторських робіт,

виробничої діяльності тощо. Це вихідна інформація, яка містить фактичні дані, зібрані дослідником, їх аналіз і перевірку. Носіями первинної інформації є книги (підручники, посібники, монографії), періодичні друковані видання (журнали, наукові праці, бюлетені), нормативні документи, а також неопубліковані матеріали: депоновані рукописи, дисертації, наукові звіти, матеріали конференцій, доповіді з окремих галузей науки та ін.

Первинні джерела містять нові наукові відомості або нове обмірковування відомих ідей та фактів: монографії; періодичні видання та видання, які продовжуються; описи винаходів, патентів та авторських свідоцтв; дисертації; науково-технічні звіти та ін. Назва первинні підкреслює, що інформація з'являється вперше. Слід відзначити, що серед первинних джерел головними є статті в наукових журналах і патенти (наукові винаходи).

Вторинні (бібліографічні) документи – це результати аналітико-синтетичної та логічної переробки первинних документів. Вторинні джерела інформації оперативно сповіщають про появу первинних документів та в максимально стислому вигляді відображають їх зміст. До них відносяться реферативні журнали, огляди, довідники, бібліографічні покажчики; каталоги та ін.

За способом опублікування джерела інформації поділяють на три групи.

Опубліковані – джерела інформації, видані типографським способом. *Неопубліковані* – документи представлені у рукописному вигляді або у вигляді комп'ютерної роздруковки. Неопублікований документ не розрахований на широке поширення, створений у ході роботи установ, підприємств, окремих осіб, відображає результат їх діяльності. Неопубліковані документи залишаються в рукописному вигляді або тиражуються в невеликій кількості примірників. До них належать звіти про науково-дослідні роботи й про дослідно-конструкторські розробки, дисертації та ін. *Депоновані рукописи* – вид неопублікованого документа, закінчена наукова робота, що викликають інтерес для вузького кола фахівців, публікація якої в традиційних виданнях, розрахованих на широке поширення, із тієї або іншої причини недоцільна. Будучи випущеною в обмеженій кількості примірників, за своїм юридичним статусом депонований рукопис прирівнюється до публікації. Як депонований рукопис можуть виступати статті, тези наукових доповідей, збірники статей і монографії. Вимоги, що висуваються до них, сформульовані в «Інструкції про депонування наукових робіт у ДНТБ України» (1993 р.). Вони направляються в спеціальні центри депонування рукописів, де їм присвоюють реєстраційні номери, а реферати, які висвітлюють їх зміст, публікуються в щорічному реферативному журналі

«Покажчик депонованих рукописів», а також у бібліографічному покажчику «Депоновані рукописи».

За періодичністю видання джерела поділяють на 3 види. *Неперіодичні* – видання, що виходить один раз і продовження якого не передбачене. Неperіодичні видання (усі, крім художніх) залежно від читацького призначення поділяються на 6 умовних типів:

- наукова література, призначена для висококваліфікованих спеціалістів (праці діячів науки, публікації науково-дослідних закладів, спілок, з'їздів, конгресів);
- науково-популярна література, призначена для розповсюдження знань серед великого кола читачів неспеціалістів;
- виробничо-технічна література, яка містить опис технічних пристроїв та способів виробництва;
- підручники та навчальні посібники (дуже близькі за змістом до наукової літератури);
- довідково-енциклопедична література (загальні та галузеві довідники та енциклопедії);
- офіційно-документальна література (закони держави, постанови та розпорядження уряду, збірники стандартів, технічних умов, технологічних інструкцій та нормативів).

Періодичні – це видання, які виходять через певні проміжки часу, мають заздалегідь визначену постійну щорічну кількість і назву нумерованих чи датованих однотипно оформлених випусків, які не повторюються за змістом. До них відносяться газети, журнали, бюлетені, експрес-інформація тощо. Видаються журнали, як правило, за окремими галузями промисловості: «Консервна промисловість», «Молочна промисловість», «М'ясна промисловість», «Зерно та хліб» та ін.

До журналів більш широкого профілю відноситься «Пищевая технология», одна із серій «Известий высших учебных заведений». З іноземних журналів із харчової промисловості відомі: Food Technology, Food Engineering, Journal of Food Science, Baring Industry, Macaroni Journal (США); Zeitschrift die Zuckerindustrie, Stärke, Alkohol-Industrie, Deutsche Zeitschrift fur Lebensmitteltechnologie (Німеччина); International Beverage News, International Sugar Journal, Journal of Food Technology (Великобританія); Journal of Fermentation Technology (Японія) та ін.

Продовжувані (видання, що продовжуються) – це видання, які виходять через заздалегідь не визначені проміжки часу, за мірою накопичення матеріалу, нумерованими та (чи) датованими випусками, неповторюваними за змістом та однотипно оформленими. Продовжувані видання видаються під постійним заголовком «Праці...» і представлені науковими статтями. Ці видання відображають напрям та рівень діяльності науково-дослідницьких організацій, містять найбільш нову

інформацію і тому викликають найбільший інтерес у спеціалістів, які працюють над науковими розробками.

Залежно від *обсягу* (кількості сторінок) видання поділяють на книги, брошури та листівки. Під *книгою* розуміють книжкове видання обсягом понад 48 сторінок. До *брошур* відносять книжкові видання обсягом від 4 до 48 сторінок, *листівкою* прийнято вважати аркушеве видання, що викладається на 1–4 сторінках.

5.3. Інформаційно-довідковий апарат

Інформаційно-довідковий апарат представлений картотекою та каталогами бібліотеки різних типів видань, у яких накопичено та систематизовано інформацію за певними вимогами бібліографічного опису.

Бібліографія – галузь знань про способи складання та вивчення різних типів видань. Термін бібліографія мають й названі покажчики, списки, огляди. Цільове призначення бібліографії дозволяє виділити основні її види: державну, науково-допоміжну, рекомендаційну та галузеву.

Державна бібліографія має за мету враховувати та реєструвати всі друковані твори, що опубліковані на території країни, і створювати на цій базі універсальні джерела бібліографічної інформації.

Науково-допоміжна бібліографія призначена для забезпечення наукової та професійно-виробничої діяльності.

Рекомендаційна бібліографія призначена для освіти, самоосвіти, виховання та пропаганди знань.

Галузева бібліографія призначена для обслуговування окремих галузей знання та практичної діяльності.

Бібліографія є вторинною інформацією, у якій зібрано та класифіковано повідомлення про літературу.

Довідкове видання – це видання, що містить відомості наукового або прикладного характеру, які розташовані в порядку, зручному для їх швидкого пошуку та не призначені для наскрізного читання. До цих видань відносять словники, енциклопедії, фахові довідники тощо.

Видання, яке містить систематизовані відомості щодо документів або результати аналізу та узагальнення відомостей, що представлені в першоджерелах, називається *інформаційним*. Такі видання (бібліографічні, реферативні, оглядові) випускаються організаціями, які здійснюють науково-інформаційну діяльність, у тому числі органами науково-технічної інформації.

Бібліографічним є інформаційне видання, яке містить упорядковану сукупність бібліографічних записів (описів). До них

відносять державні бібліографічні показники, які містять матеріали, що систематизовані за галузевим принципом.

Реферативні інформаційні видання являють собою впорядковану сукупність бібліографічних записів, що включають стисле викладення (реферати, анотації) оригінальних наукових робіт, які з'явилися в періодичних виданнях, книг, а також патентів. До них відносяться реферативні журнали, реферативні збірники, інформаційні листки та експрес-інформація. Реферативні журнали (РЖ) виконують роль розповсюджувача інформації щодо нових досягнень науки і техніки. Вони виходять 25 серіями (за галузями техніки). Питання харчової промисловості наведені, в основному, у серіях «Хімічна промисловість», «Хімія», «Біохімія». Матеріал реферативного журналу розміщується за єдиною класифікаційною схемою, що розроблена спеціально для нього. Щоб полегшити читачеві користування цим журналом, створено особливий посібник «Рубрикатор», який являє собою детальний перелік розділів, підрозділів усіх зведених томів та окремих випусків журналу, тобто він дозволяє швидко виявити необхідні серії журналу.

Оглядове видання – це інформаційне видання, яке містить публікацію одного або декількох оглядів, що включають результати аналізу та узагальнення представлених у джерелах відомостей. Прикладом оглядового видання є щомісячні інформаційні бюлетені, у тому числі за матеріалами зарубіжного друку.

Основу довідково-інформаційного апарату складають бібліотечні каталоги.

Бібліотечний каталог – сукупність розташованих за певними правилами бібліографічних записів на документи, яка розкриває склад і зміст фонду бібліотеки. Каталог є засобом допомоги читачам у виборі необхідної літератури (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Класифікація каталогів

За формою каталоги бувають карткові (картотеки), друковані (у вигляді книг, журналів), електронні (у вигляді бази даних з використанням ПЕОМ). У деяких книгосховищах існують каталоги рецензій.

Картотека – найкраща система для ознайомлення та зберігання даних про літературу, у тому числі й наукову. Картки містять бібліографічні описи джерел інформації, вони складаються за певними правилами, що викладені в ДСТУ ГОСТ 7.1 : 2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання». Картки можна легко розділяти, переставляти з місця на місце, групувати за будь-якими певними ознаками, досягаючи оптимального сполучення даних. Картотека дуже мобільна: у неї завжди можна додати нові картки або викинути непотрібні. Картки містять бібліографічні описи.

Друковані – характеризуються більшим оглядом та можливістю користуватись поза бібліотекою, що робить їх зручними та дозволяє випускати типові, ретроспективні та проспективні каталоги.

Електронні – передбачають використання комп'ютерів для автоматизації, зберігання та обробки великих обсягів бібліографічної інформації та являють собою банки даних. Електронні каталоги мають низку переваг:

- велика місткість та компактність зберігання бібліографічної інформації (енциклопедія Гройлера вміщається на 1 компакт-диску (CD));

- велика швидкість обробки інформації (як працівниками бібліотеки, так і читачами). Швидкість зросла в 700 та більше разів (якщо раніше для обробки інформації потрібно було 9 днів, то з використанням ПЕОМ – 6 хв);

- перехресні посилання та взаємопроникнення з одного виду каталогу в інший, що збільшує обсяг пошуку необхідної інформації в мінімально короткий термін;

- можливість роботи з каталогами будь-якої бібліотеки, знаходячись на великих відстанях від неї. Це стало можливим завдяки появі електронної пошти на основі поєднання комп'ютера з телефоном, у результаті чого з'явився відеотекст – новий напрям в інформаційному обслуговуванні суспільства. Телекомунікаційні мережі (Internet) дозволяють будь-якому користувачеві мережами зв'язатись із будь-якою точкою земної кулі.

Залежно від призначення каталоги поділяють на читацькі та службові. Призначення *читацьких* каталогів полягає в тому, що вони носять довідково-рекомендаційний характер; *службові* – містять у собі також твори, що рідко зустрічаються або старі. Службові каталоги

розміщуються в службових приміщеннях, доступ до них читачів обмежується, вони використовуються в основному співробітниками бібліотеки.

За способом групування описів бібліотечні каталоги поділяються на три основні види: алфавітний, систематичний і предметний. В *алфавітному* каталозі містяться відомості в алфавітному порядку прізвищ авторів або заголовків творів (якщо авторів більш ніж 3 або книга являє собою збірник самостійних статей різних авторів). Алфавітний каталог використовується в разі пошуку конкретної книги. Суттєву роль відіграє алфавітний каталог у довідково-бібліографічній роботі під час складання різних рекомендаційних списків і покажчиків літератури. Так, наприклад, за допомогою додаткових описів дається можливість виявити серед творів того або іншого автора й інші його роботи, у яких він брав участь як співавтор, редактор або укладач.

Запити читачів на літературу за певними проблемами або більш вузькими конкретними питаннями задовольняються за допомогою систематичного й предметного каталогів. У цих каталогах описи друкованих творів групуються за ознакою їх змісту. Проте ці каталоги суттєво відрізняються один від одного. У *предметному* каталозі описи друкованих творів поєднуються ознакою предмета, про який іде мова в даному творі. Такий каталог використовується в разі підбирання матеріалів за вузькоспеціальним питанням, наприклад, «Пиво», «Хліб», «Цукор» та ін. У ньому на відміну від систематичного каталогу література з того чи іншого питання скомпонована єдиними рубриками незалежно від того, із яких позицій вони викладені. Тому в предметному каталозі в одному місці перебувають матеріали, які в систематичному розташовувалися по різних ящиках. Рубрикація предметних каталогів проводиться відповідно до «Рубрикаторів», які розроблені для всіх галузей знань. Рубрики предметного каталогу розставлені, як правило, у порядку алфавіту перших слів, тому в одному алфавітному ряді виявляються предмети, логічно між собою не зв'язані. Унаслідок цього в предметному каталозі особливе значення має посилково-довідковий апарат. Він складається з тих самих елементів, що й довідковий апарат систематичного каталогу.

У *систематичному* каталозі опис творів подається в логічному порядку за галузями науки, техніки, мистецтва та ін. У середині кожної рубрики картки можуть бути розставлені або за алфавітом прізвища авторів, або за роками видання (у зворотно-хронологічному порядку). Довідковий апарат систематичного каталогу включає картки посилань. Вони вказують, де дійсно знаходиться література з певного питання.

Послідовність розташування карток систематичного каталогу завжди відповідає певній бібліографічній класифікації. У нашій країні

використовуються дві такі класифікації, принципи побудови яких необхідно знати, щоб осмислено користуватися систематичними каталогами – *бібліотечно-бібліографічна класифікація (ББК)* та *універсальна десяткова класифікація (УДК)*, які діють на території країн СНД із 1977 р.

ББК – це класифікаційна інформаційно-пошукова мова ієрархічного типу з елементами фасетної структури у вигляді допоміжних таблиць типового розподілу, яка використовується для наукових бібліотек. У цій класифікації назви наук розташовуються в послідовності, що об'єктивно властива явищам зовнішнього світу. Система ББК, розроблена в 1958–1968 рр. фахівцями найбільших бібліотек СРСР, у 1981 р. удостоєна Державної премії. ББК видана у вигляді варіантів таблиць, що відрізняються один від одного ступенем деталізації: повні таблиці і скорочений їх варіант для наукових бібліотек, таблиці для обласних, масових, дитячих і шкільних бібліотек, для краєзнавчих каталогів та ін. ББК розроблялася зі змішаною буквено-цифровою індексацією, яку використовують наукові бібліотеки. Для таблиць ББК обласних, масових, дитячих і шкільних бібліотек для позначення основного розподілу були введені цифрові індекси. Буквені та цифрові індекси взаємозамінні. Актуалізація ББК здійснюється за допомогою виправлень і доповнень до системи класифікації.

Структура всіх видань таблиць ББК однакова. Як правило, вони включають основні таблиці, допоміжні таблиці типових ділень, методологічні вказівки, алфавітно-наочний покажчик і додатки.

Алфавітно-предметний покажчик (АПП) – це алфавітний перелік рубрик, що відображають індекси основних таблиць і загальних визначників. АПП відображає всі поняття, які містяться в основних та допоміжних таблицях. Він допомагає розшукати необхідні для індексування поняття і визначити їх місцезнаходження в таблицях, а також виявити розосереджені в таблицях класифікації характеристики одних і тих же об'єктів.

Розвиток і вдосконалення УДК здійснюється Центральним комітетом з класифікації Міжнародної федерації з документації (МФД). У наш час УДК є універсальним міжнародним засобом систематизації в першу чергу завдяки її десятковій індексації. У вітчизняних науково-технічних бібліотеках і органах інформації УДК була введена з 1963 р.

Система таблиць УДК включає повні, галузеві та скорочені видання. Повне видання УДК відображає всі розділи природних і технічних наук. У наш час здійснено третє повне видання таблиць УДК в семи випусках (з математики, природних наук, медицини, прикладних наук, мистецтва, мовознавства, географії, історії). У галузевих таблицях представлені індекси певної галузі та вибірково-суміжні розділи.

Скорочені таблиці включають індекси всіх галузей в одному томі та призначені для невеликих довідково-інформаційних фондів.

УДК складається з основних таблиць, допоміжних таблиць-визначників, алфавітно-наочного покажчика й методичних рекомендацій із систематизації.

Основні таблиці містять індекси понять, специфічних для тієї або іншої галузі знання. Допоміжні таблиці включають загальні визначники – індекси понять, що повторюються, загальних для всіх або багатьох відділів або спеціальні визначники, характерні для якогось відділу.

Індекси УДК проставляються на каталожних картках Книжкової палати, а в книгах із природних і технічних наук приводяться на звороті титульного аркуша. Індекси УДК проставляються також у виданнях всеукраїнських і галузевих органів науково-технічної інформації.

УДК використовують для пошуку науково-технічної документації. Згідно з цією класифікацією всі галузі знань ділять на 10 основних класів (відділів), кожен із яких позначений арабськими цифрами від 0 до 9:

- 0 – Загальні твори;
- 1 – Філософія;
- 2 – Релігія;
- 3 – Соціологія;
- 4 – Філологія;
- 5 – Природні науки;
- 6 – Корисні мистецтва (в т. ч. медицина, техніка, сільське господарство);
- 7 – Витончені мистецтва;
- 8 – Література;
- 9 – Історія.

Кожен з 10 основних класів (відділів) ділиться на 10 підрозділів, кожен із яких, у свою чергу, ділиться на 10 підрозділів і так далі.

Підрозділ позначається індексом із 3-х цифр, після яких ставиться крапка. Після крапки ставиться цифра, що позначає подальше розділення та пишеться назва розділу. Наприклад:

- 641 – харчові продукти;
- 641.5 – громадське харчування;
- 641.563 – дієтичне харчування та ін.

Крім того, новий класифікатор містить позначення літерами для більш детального розгляду необхідних питань (так зване загальне типове розподілення):

- г – історія науки (галузі) або предмета;
- к – керівництво та управління;
- н – організація праці, охорона праці;

- с – методика та техніка наукових спостережень;
- у – винахідництво, раціоналізація. Патентна справа;
- ц – стандартизація, нормалізація ТУ;
- я 2 – довідкові видання (енциклопедії, словники та ін.);
- я 5 – журнали;
- я 7 – підручники, навчальні посібники;
- я 73 – підручники, навчальні посібники для вищої школи;
- 2 Ук – українські видання.

Універсальна десяткова система є основою для бібліографічних і реферативних видань із природничих наук і техніки для організації систематичних каталогів науково-технічних бібліотек. Застосування цієї системи в каталогах універсальних бібліотек і бібліотек гуманітарного профілю не передбачається.

5.4. Організація збирання та документального оформлення одержаної інформації

Пошук науково-технічної інформації за обраною темою досліджень потребує значних витрат часу. Мета пошуку – всебічний аналіз інформації з теми дослідження, висвітлення стану питання, уточнення за необхідності теми, обґрунтування мети й завдань наукового дослідження. Пошук включає два етапи: відшукування необхідної інформації й пророблення джерел.

Для запобігання помилкових дій під час вивчення інформаційних джерел пошук літератури рекомендується проводити дотримуючись певної системи. Цілі й умови пошуку документальних джерел інформації настільки різні, що складно подати єдину універсальну схему пошуку інформації: в одному випадку потрібно встановити повний перелік літератури за певною темою, в іншому – лише найбільш сучасні або найголовніші публікації з тієї або іншої проблеми; для одних робіт потрібно віднайти первинні джерела інформації, для інших – достатньо інформації, що міститься у вторинних документах. У кожному випадку будуть зовсім різними і сам перелік бібліографічних матеріалів, і послідовність звертання до них.

Добре орієнтуючись у бібліотечних каталогах і бібліографічних покажчиках, можна без особливих зусиль скласти схему пошуку джерел інформації щодо до його конкретної мети.

Орієнтовний план збирання інформації подано на рис. 5.4.

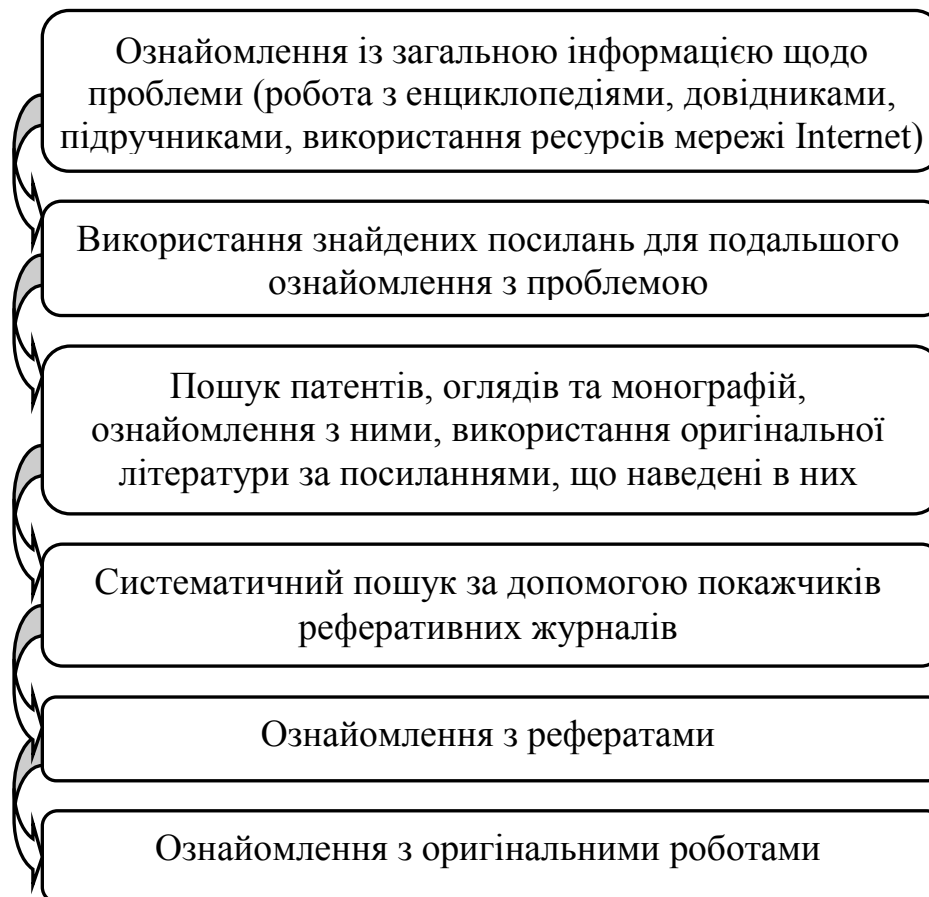


Рисунок 5.4 - Орієнтовний план збирання інформації

Загальна інформація щодо проблеми підбирається під час роботи з енциклопедіями, довідниками, підручниками, навчальними посібниками. Значний обсяг інформації щодо сучасної точки зору на досліджувану проблему, підходу до неї та методики досліджень можна почерпнути з монографій та авторефератів дисертаційних робіт. Корисним є також ознайомлення з патентами та оглядами. Усі ці видання містять достатньо повний бібліографічний показник, тому важливим є ознайомлення з літературою, указаною в бібліографії. Наступним етапом підбирання літературних джерел може бути огляд реферативних журналів із відповідних розділів науки та техніки та інформаційних видань (експрес-інформація, оглядова інформація та ін.). Далі необхідне вивчення періодичних та продовжуваних видань – спеціалізованих журналів, збірників наукових праць, матеріалів науково-практичних конференцій. Важливим джерелом оперативної інформації є мережа Internet (рис. 5.5).

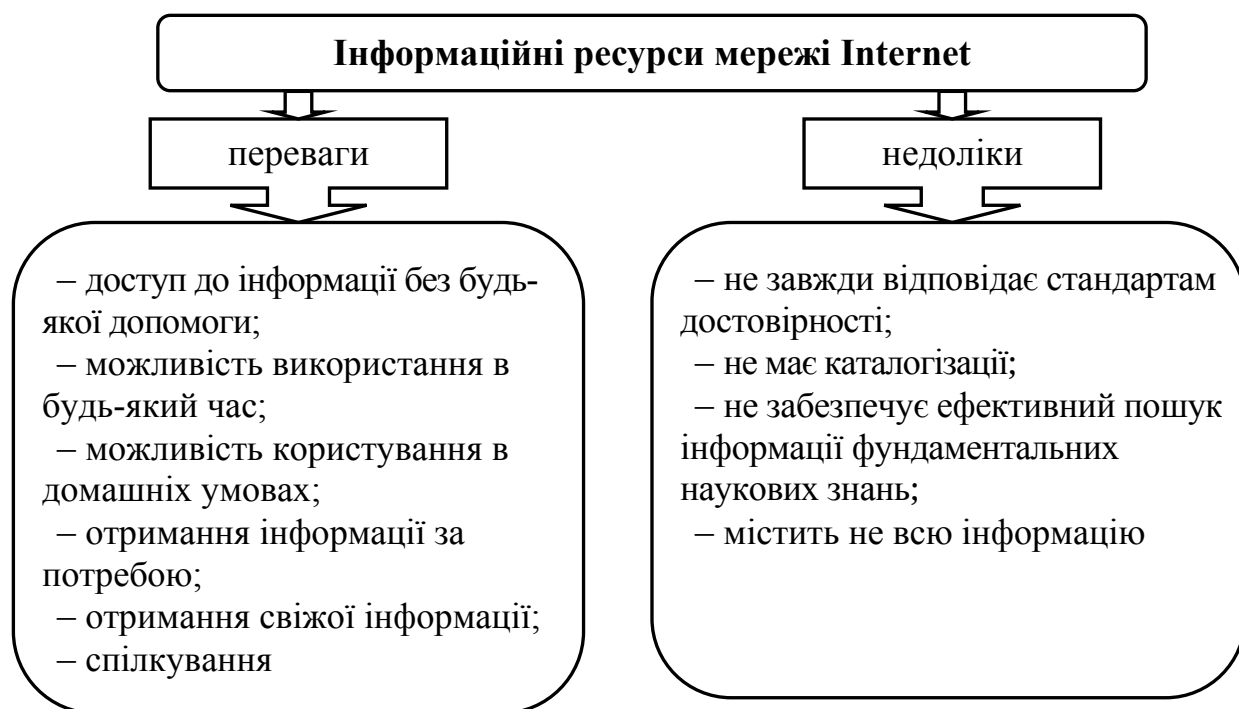


Рисунок 5.5 – Переваги та недоліки користування internet-ресурсами

Але, як видно з наведеної схеми, мережа Internet не може бути універсальною заміною бібліотеки.

Слід приділяти увагу вивченню різних джерел літератури як перекладних, так і в оригіналі. Аналіз оригінальних джерел (першоджерел) іноземної літератури дозволяє:

- виключити дублювання інформації;
- прискорює одержання інформації, що цікавить, (на переклад та видання перекладної літератури витрачається багато часу);
- робить інформацію, яка надходить до дослідника, більш точною, тому що під час роботи з першоджерелами виключаються помилки та неточності, які можуть з'явитись під час перекладу).

Проте, це потребує глибокого знання дослідником іноземних мов.

Особливістю сучасного збирання інформації є можливість широкого залучення комп'ютерної та копіювальної техніки. Зі знайденої інформації в бібліотеці на паперовому носії можна зробити ксерокопію, з електронної – відповідно електронну копію. Під час копіювання інформації потрібно не забувати наводити бібліографічний опис джерела або адресу сайту, із якого взято інформацію. Це полегшить оформлення списку літературних джерел під час оформлення наукового твору за проведеною роботою та дозволить за необхідності звернутися до першоджерела.

Якщо копіювання інформації неможливе звичайно роблять виписки, анотації й конспекти.

Виписка – короткий (або повний) зміст розділів, сторінок джерела інформації. Вони можуть замінити конспектування тексту й дозволяють у малому обсязі накопичити більшу інформацію.

Анотація – це коротка характеристика друкованого видання (або його частин) із погляду змісту, призначення, форми й інших особливостей. За допомогою анотації можна швидко відновити в пам'яті текст.

Конспект – це докладний виклад змісту інформації. Головне під час складання конспекту – виділити раціональне зерно щодо теми, яка розробляється. При цьому доцільно текст конспекту складати своїми словами, що сприяє стислості викладу, вимагає осмислювання, аналізу прочитаного, дозволяє виділити головне в поданій інформації.

Ксерокопії, роздруківки електронних джерел, виписки, анотації й конспекти доцільно систематизувати в різні папки, залежно від попередньо складеного плану літературного огляду.

Після накопичення достатньої кількості інформації з потрібної теми переходять до пророблення інформаційних джерел, яке полягає в ознайомленні та читанні. *Ознайомлення* здійснюється шляхом перегляду всього матеріалу й фіксації загального змісту роботи з акцентуванням уваги на розділах, що мають відношення до дослідження.

Читання – це більш детальне ознайомлення з тими розділами, у яких викладається потрібний матеріал, із фіксацією загального змісту й вивченням тієї частини, яка має безпосереднє відношення до предмета дослідження.

Читання спеціальної літератури є процесом накопичення й розширення знань, тому, приступаючи до читання, слід визначити, який потрібен рівень знань і які труднощі необхідно подолати в процесі читання.

Існує два способи читання – «швидкий огляд» змісту та «ретельна проробка» тексту. «*Швидкий огляд*» дає можливість загального ознайомлення з літературою для виявлення потрібної інформації, яка потребуватиме більш детального вивчення. «*Ретельна проробка*» тексту полягає не лише в повному його прочитанні, але й у засвоєнні, осмисленні та детальному аналізі прочитаного. Потрібне уточнення понять та термінів, що зустрічаються, за допомогою словників, довідників або нормативних правових актів, у яких дається їх тлумачення, із метою уникнення їх неправильного розуміння.

Під час оброблення інформації доцільно робити помітки на полях та виділення в тексті, звертаючи увагу на важливі або спірні положення, висновки та аргументи. Записи зазвичай роблять, використовуючи систему умовних позначок: знаки схвалення окремих висловів у тексті (підкреслення, знаки оклику), знаки нерозуміння, заперечення (хвилясте підкреслення, питальні знаки, слова: для чого? як? звідки це?), знаки

доповнення – для фіксації додаткової інформації, пропозицій читача (пунктирна лінія). Записи в ході читання повинні бути зручними для використання і кваліфікованими. Краще їх робити під час повторного читання літератури.

На етапі *критичної оцінки й узагальнення науково-технічних даних* здійснюється їх систематизація; «стискання» (скорочення фізичних обсягів) даних; їхній аналіз і оцінка; визначення актуальності тих або інших науково-технічних даних для конкретних галузей науки й техніки.

На кожному етапі літературні джерела потрібно піддавати ретельному критичному аналізу. Для цього необхідно мати певну ерудицію, рівень знань. За такого критичного аналізу різні ідеї, факти, теорії зіставляють один з одним. У процесі активного аналізу виникають власні міркування й думки, виявляються найбільш актуальні питання, що підлягають дослідженню в першу й другу чергу, формуються певні уявлення. Усе це поступово формує фундамент майбутньої гіпотези наукового дослідження.

Аналіз інформаційних джерел можна здійснювати за наведеним нижче орієнтовним планом (рис. 5.6).

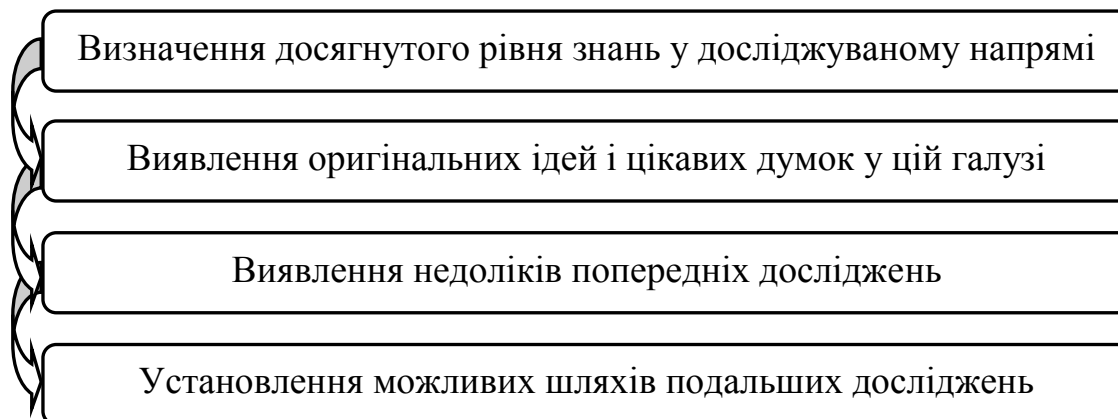


Рисунок 5.6 – Орієнтовний план аналізу інформації

На підставі результатів пророблення інформації роблять висновки, у яких підбивають підсумок критичного аналізу. У висновках повинні бути висвітлені наступні питання: актуальність і новизна теми; останні досягнення в галузі теоретичних і експериментальних досліджень за темою; найважливіші й найбільш актуальні теоретичні й експериментальні завдання, а також виробничі рекомендації, що підлягають розробці в цей момент; технічна доцільність і економічна ефективність цих розробок.

На основі зазначених висновків уточнюють або формують мету й конкретні завдання наукового дослідження.

5.5. Патентний пошук

Серед різних видів науково-технічної інформації особливе місце займає патентна інформація. Під патентною документацією розуміється сукупність опублікованих і неопублікованих документів, що містить відомості стосовно результатів науково-технічної діяльності, які заявлені та визнані винаходами, корисними моделями, промисловими зразками, а також відомості про права винахідників, патентовласників, про реєстрацію промислових зразків і корисні моделі. Це найважливіше джерело технічної, економічної та правової інформації.

Патентні дослідження є невід'ємною частиною планування науково-технічних досліджень і розробок, виконання науково-технічних досліджень, розробок і освоєння промислової продукції, удосконалення продукції, що випускається, визначення доцільності закордонного патентування вітчизняних винаходів

Патент – документ, який засвідчує визнання державою технічного рішення *винаходом* (*винахід* – це творче рішення практичної (утилітарної) задачі, технічне рішення, що є новим, корисним у господарській діяльності та може бути практично застосоване) та закріплює за особою право на цей винахід. Винаходом може бути «продукт», «процес» та «нове застосування відомого продукту чи процесу» (пристрій, спосіб, сполука, композиція, застосування пристроїв за новим раніше невідомим призначенням та ін.).

Залежно від терміну дії патенти поділяють *на корисну модель* (термін дії 5 років) (додаток Б.1) та *на винахід* (термін дії 15–20 років) (додаток Б.2).

Під час видання патенту збирається держмитом та протягом усього терміну дії патенту власник має його підтримувати, тобто сплачувати певний внесок.

Виключне право патентовласника – надання йому монопольного права на застосування винаходу. Якщо винахід використовується без дозволу власника патенту, він може звернутись до суду з позовом про повернення збитків, заборону дій, що пов'язані з порушенням патенту.

Патентна література як засіб науково-технічної інформації має певні переваги (рис. 5.7).

Під час проведення патентних досліджень користуються патентною і науково-технічною інформацією. Правильний вибір джерел інформації істотно впливає на якість і, отже, достовірність патентних досліджень, а також на трудовитрати під час їх проведення. Формулюють предмет пошуку, використовуючи термінологію, прийняту у відповідній системі класифікації. Ретроспектива (глибина пошуку) залежить від мети патентних досліджень.

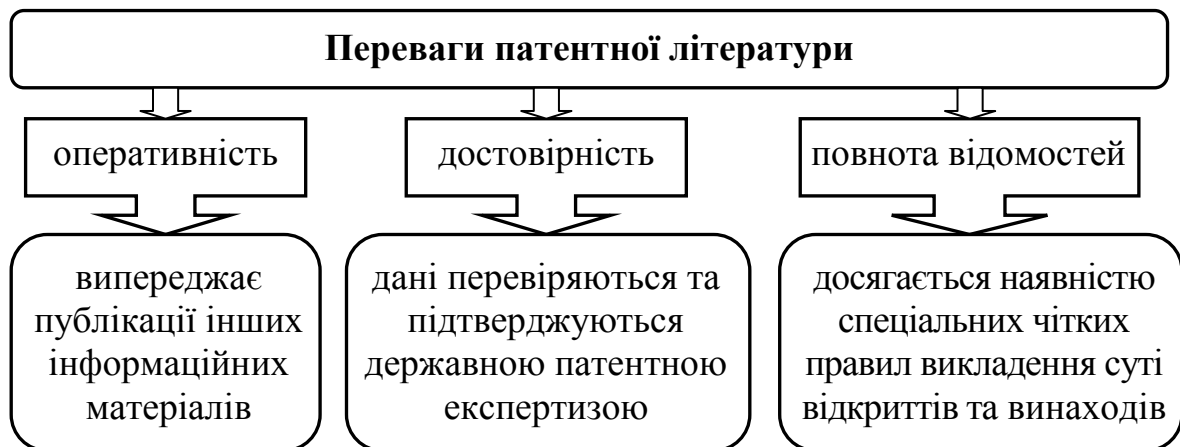


Рисунок 5.7 – Переваги патентної літератури

Залежно від завдань патентних досліджень пошук інформації має свої особливості, але при цьому найважливішою умовою відбору інформації є її смислова відповідність предмету та меті пошуку, які визначаються регламентом пошуку. Під час визначення рівня техніки й тенденцій розвитку в досліджуваній галузі (патентній ситуації) тематичний пошук ведуть за всіма видами джерел інформації.

Патентний пошук проводиться для наступних цілей:

- перевірка унікальності винаходу;
- огляд останніх новинок у галузі, що досліджується;
- з'ясування, чи не посягає винахід на чужу інтелектуальну власність;
- визначення сфер використання нового винаходу;
- пошук патентів на винахід, корисну модель;
- визначення стану досліджень у галузі, що цікавить;
- пошук додаткових інформаційних матеріалів;
- збір інформації про конкурентів;
- знаходження рішення технічних проблем.

Провівши пошук інформації за останні роки, доцільно виявити посилання, вказані в першоджерелах, знайти згадані в посиланнях джерела, після чого повторити весь процес пошуку, який слід припинити тоді, коли в джерелах, що знову виявляються, немає нових посилань. Пошук за посиланнями в окремих випадках може замінити інші види пошуку. Джерела, які згадані в посиланнях, але відсутні в даному інформаційному фонді, заносять в окрему довідку для складання замовлення на виготовлення копій. Використання методу посилань у комплексі з іншими методами забезпечує достатню повноту пошуку.

Найважливішою умовою відбору інформації є її логічна відповідність предмету та меті патентного пошуку. Критерії відбору інформації визначаються виходячи з конкретних завдань дослідження.

У результаті патентних досліджень виявляється сучасний рівень науково-технічних досягнень за темою, що розробляється, що відбитий у висновках із проведених патентних досліджень, в яких повинні міститися відомості щодо доцільності використання в роботі відібраних технічних рішень.

Для полегшення орієнтації в патентній документації та знаходження матеріалів, відповідних запиту, розроблено класифікацію винаходів і розподіл описів винаходів або корисних моделей за тематичними рубриками.

На підставі класифікації винаходів та корисних моделей проводять індексування та розстановку патентної документації у фонді. Зі зростанням інформації, наданої в патентній документації, класифікація винаходів стає все більш важливим засобом пошуку в патентних фондах.

Більш того, практичне використання патентної літератури взагалі неможливе без її суворої класифікації, тобто під час проведення патентного пошуку, зокрема, під час визначення новизни винаходу, рівня технічних рішень, патентної чистоти неможливо обійтися без тематичної класифікації документів.

В Україні діє Державний комітет «Держпатент», при якому працює Інститут промислової власності, що вирішує питання патентознавства та здійснює випуск Українського Бюлетня винаходів.

Під час науково-дослідної роботи проводиться *патентний пошук* за Бюлетнем винаходів на глибину, що встановлена для даної галузі (для харчових галузей – 10–15 років) відповідно з регламентом пошуку (бюлетень країни та бюлетені зарубіжних країн). Історично в кожній промислово розвиненій країні створювалися свої системи класифікації винаходів. У наш час найбільшого поширення набула Міжнародна патентна класифікація (МПК).

Органом з упровадження МПК є міжнародне бюро Всесвітньої організації інтелектуальної власності (ВОІВ). У нашій країні МПК була введена як єдина державна класифікація патентної документації в 1970 р.

МПК охоплює всі галузі знань. Усі сфери матеріального виробництва в МПК підрозділяються на розділи, класи, підкласи, групи й підгрупи. МПК налічує вісім основних розділів, які позначаються заголовними літерами латинського алфавіту:

- розділ А – задоволення життєвих потреб людини;
- розділ В – різні технологічні процеси; транспортування;
- розділ С – хімія; металургія;
- розділ D – текстиль і папір;
- розділ Е – будівництво, гірська справа;
- розділ F – механіка, освітлення, опалювання, двигуни і насоси, зброя;

розділ G – фізика;
розділ H – електрика.

Кожен розділ може містити до 99 класів (від 01 до 99-го). За необхідності допускається пропуск окремих номерів класів. Класи позначаються індексом розділу з двома арабськими цифрами. Класи підрозділяються на підкласи, що позначаються латинською буквою (рис. 5.8).



Рисунок 5.8 – Приклад розподілення сфери матеріального виробництва в МПК

Підкласи, у свою чергу, діляться на групи, які позначаються, як правило, непарними цифрами. Розподілення на групи дозволяє диференціювати винаходи за певними питаннями, що полегшує пошук. Наприклад, до підкласу A23 L відносяться 3 основні групи:

A23 L 1 – харчові продукти: їх приготування, наприклад, варіння;

A23 L 2 – безалкогольні напої, сухі суміші для них, їх виробництво;

A23 L 3 – консервація харчових продуктів, наприклад, пастеризація, стерилізація.

Групи підрозділяються на підгрупи, які позначаються двома арабськими цифрами (рідше – трьома). Наприклад, підклас A23 L 1 має близько 70 підгруп:

A23 L 1/01 – загальні способи приготування харчових продуктів;

A23 L 1/04 – драгледоподібні речовини, що містять, наприклад,

пектин, альгінати і так далі.

Підгрупи можуть бути підлеглі між собою. Ступінь взаємної підлеглості підгруп усередині однієї групи виражається зрушенням тексту рубрики вправо та визначається кількістю крапок перед текстом. Наприклад, взаємопідлеглість підгрупи A23 L 1/212, A23 L 1/214 і A23 L 1/216 наступна:

A23 L 1/212. – харчові продукти з плодів і овочів;

A23 L 1/214.. – із бульбових і тому подібне крахмалевмісних коренеплодів;

A23 L 1/216... – із картоплі.

Міжнародна класифікація винаходів (МКВ) створювалася відповідно до положень Європейської конвенції про міжнародну патентну класифікацію (1954). Для індексування документів поточної реєстрації та для вдосконалення системи з урахуванням розвитку науки й техніки МКВ переглядається кожні 5 років:

1 редакція з 01.09.1968 р. по 30.06.1974 р.;

2 редакція з 01.07.1974 р. по 31.12.1974 р.;

3 редакція з 01.01.1980 р. по 31.12.1984 р.;

4 редакція з 01.01.1985 р. по 31.12.1989 р.;

5 редакція з 01.01.1990 р. по 31.12.1994 р.;

6 редакція з 01.01.1995 р. по 31.12.1999 р.;

7 редакція з 01.01.2000 р. по 31.12.2004 р. ;

8 редакція з 01.01.2005 р. по 31.12.2009 р.;

9 редакція з 01.01.2010 р. до сьогодні.

Пошук патентної інформації досить складний. Проводять його в патентних відділах бібліотек та як послугу можуть провести міські інформаційні центри. В Україні діє Інститут промислової власності, який здійснює експертний пошук інформації під час подання науковцями заявки на винахід.

Всесвітньою організацією інтелектуальної власності розроблений стандарт на бібліографічні дані, відповідно до якого кожному елементу бібліографічної частини опису винаходу привласнюється певний цифровий код, наприклад: (11) – номер патенту, (19) – код країни публікації, (21) – реєстраційний номер заявки, (22) – дата подання заявки і так далі. Завдяки даному стандарту спрощується робота з патентною документацією різних країн – полегшується знаходження прізвищ, дат, класифікаційних позначень навіть без знання мови, на якій опублікований патент.

Відомості про винаходи, промислові зразки, корисні моделі й товарні знаки містяться в патентних бюлетенях, що видаються патентними відомствами більшості країн світу. У нашій країні

офіційний бюлетень видається з 1924 року. Основні розділи бюлетеня «Винаходи» подано на рис. 5.9.

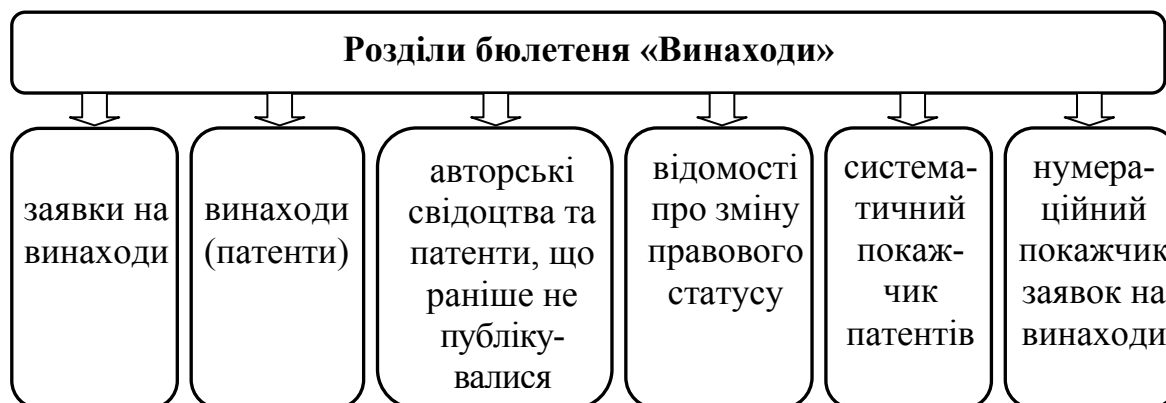


Рисунок 5.9 – Структура офіційного бюлетеня «Винаходи»

Інформація про винаходи подається за порядком номерів патентів і відповідно до індексів МПК. При цьому за кожним винаходом указується код виду документа, номер патенту, індекси МПК і УДК, реєстраційний номер заявки, дата її подання, заявник, автор винаходу та його назва, формула винаходу. Для ілюстрації формул приводяться креслення. Бібліографічні дані позначені цифровими кодами.

У розділі «Сповіднення» поміщаються відомості стосовно змін у складі заявників і авторів, назвах або формулах винаходів, про анулювання охоронних документів та інші відомості про зміни, що вносяться до державних реєстрів. Періодичність видання 4 рази на місяць.

За матеріалами патентних бюлетенів США, Німеччини, Японії, Франції, Великобританії, Швейцарії, Європейського патентного відомства в нашій країні випускається реферативне видання «Изобретения стран мира», яке є основним джерелом реферативної інформації щодо винаходів зарубіжних країн російською мовою. Видання ведеться за тематичними випусками. Форма надання інформації наступна: на кожній сторінці розташовується по 4 карти, на лицьовій карті подається інформація російською мовою (реферат, бібліографічні відомості про документ), на звороті – мовою оригіналу. Креслення, схеми та хімічні формули можуть розташовуватися на будь-якій стороні карти.

Доступ до масивів патентних документів забезпечує довідково-пошуковий апарат (ДПА). До засобів довідково-пошукового апарату відносяться централізовано видані покажчики до патентних фондів країн світу, реферативні, бібліографічні та інші видання, що містять

відомості про патентні документи, а також картотеки, каталоги, підбірки.

Алфавітно-предметний показчик (АПП) дозволяє фахівцеві, що не має достатнього досвіду роботи з патентною документацією, більш оперативно визначати область пошуку. Основою АПП є ключові слова, які в основному відповідають технічним термінам, використаним у МПК. АПП має наступну структуру: на «вході» показчика поміщено ключові слова, на «виході» – індекси МПК, що посилають до тих або інших підрозділів класифікації. Рубрики АПП складаються з одного або декількох слів і розташовані в алфавітному порядку.

Систематичний показчик призначений для проведення *тематичного пошуку*, який характеризується тим, що інформація про винаходи підбирається відповідно до тематики і пошук проводиться за відповідними класами винаходів. У показчику наведено рубрики МПК і номери патентів, що їй відповідають. Пошук починається з точного визначення предмета пошуку, потім за допомогою АПП і класифікатора МКВ устанавлюються рубрики МПК, що мають відношення до теми пошуку. За допомогою систематичних показчиків (підсумкових, річних, поточних) визначається перелік документів для подальшого вивчення.

Нумераційний показчик патентів призначений для проведення *нумераційного пошуку*, коли за номером охоронного документа необхідно встановити його індекс класифікації і зміст винаходу. У цьому показчику інформація подається у вигляді таблиць, де вказуються номери патентів і відповідні ним рубрики МПК: 1504262 C21C 5/28.

Іменний показчик авторів винаходів призначений для *іменного пошуку*, який характеризується тим, що відбір інформації щодо винаходів здійснюється за прізвищем автора або найменуванням відповідних фірм. У показчику наводиться прізвище автора й отримані ним у відповідному році охоронні документи (номери): наприклад, Петров О. М. – 1567502.

Все більш популярним стає патентний пошук із використанням відповідних *комп'ютерних програм*. Існують безкоштовні інтернет-ресурси (бази даних), які можуть допомогти за короткі терміни досягти найбільш ефективних результатів (табл. 5.2). Проте для користування багатьма з цих баз даних необхідне вільне володіння іноземними мовами.

Таблиця 5.2 – Характеристика деяких Internet-ресурсів для здійснення патентного пошуку

№ з/п	База даних	Характеристика
1	2	3
1	USPTO	Повнотекстова база даних патентного відомства США, що налічує декілька мільйонів патентів із 1976 р., які зберігаються в текстовому форматі HTML та графічному форматі TIFF. Патенти з 1790 р. до 1976 р. зберігаються в графічному форматі
2	Google Patent Search	Складається з патентів, що містяться в базі USPTO (United States Patent and Trademark Office). Дозволяє здійснювати пошук за такими критеріями, як автор, назва, номер патенту, дата. Використовує технологію розпізнавання тексту на фотографіях, яка дозволяє здійснювати пошук за відсканованим текстом
3	Canadian Patents Database	Пошукова система патентної служби Канади, призначена для пошуку в базі даних канадських патентів. Простий і зручний пошук. Можливе відображення графічних ілюстрацій до патентів. Містить понад 1,9 млн патентів, починаючи з 1869 р.
4	Esp@cenet	Європейське патентне відомство (European Patent Office). Містить більше 60 млн патентних заявок і патентів. Можна провести пошук патентів за БД: «Worldwide», EPO, WIPO
5	База даних «Worldwide»	Дозволяє шукати інформацію про патентні документи з більш ніж 80 країн і регіонів. Найбільше зібрання документів в Espacenet. В «EP-esp@cenet» та «WIPO-esp@cenet» можна знайти патенти опубліковані лише за останні два роки. Старіші документи знаходяться в БД «Worldwide». Пошук проводиться англійською мовою, але доцільно повторити процедуру пошуку на мові країни, яка реєструвала патент (не в усіх патентах присутній англійський переклад назви та реферату)
6	УКРПАТЕНТ	База даних патентів України. Станом на 2010 р. зареєстровано близько 100 тис. патентів на винаходи та 55 тис. патентів на корисні моделі. Створено пошуковик у БД «Винаходи зарубіжних країн», що містить інформацію, яка надходить від 42 патентних відомств різних держав і 2 регіональних організацій
7	РОСПАТЕНТ	Російське патентне відомство. Станом на 2010 р. налічує близько 2 млн документів на винаходи та корисні моделі. Можливий пошук за винаходами, рефератами патентних документів російською та і англійською мовами, перспективними винаходами, корисними моделями

Продовження табл. 5.2

1	2	3
8	ЕАПВ	Євразійське патентне відомство. Станом на 2010 р. міститься більше 35 млн патентних документів. Наявні патентні документи ЕАПВ, ВОІВ, Європейського патентного відомства, патентного відомства США, Росії (із 1924р.), а також патентні документи країн СНД і національних патентних відомств країн-членів ЕАПО. Реалізовані засоби пошуку в зовнішніх патентних БД цифрових бібліотек інтелектуальної власності (IPDL) та в інформаційних системах: ESP@CENET, EPOLINE, JOPAL та ін.
9	SIPO	Державне відомство інтелектуальної власності Китайської Народної Республіки. Надає вільний доступ до документів на китайській та англійській мовах, починаючи з 1985 р. Є можливість перекладу окремих документів за допомогою технології машинного перекладу CPMT
10	Patent Abstracts of Japan (PAJ)	База даних Патентного відомства Японії, що містить понад 4,7 млн документів. Пропонує доступ до БД патентів та товарних знаків Японії з 1993 року англійською мовою
11	WIPO (World Intellectual Property Organization)	Всесвітня організація інтелектуальної власності. Патентний пошук здійснюється за допомогою пошукової служби PATENTSCOPE®, яка забезпечує безкоштовний доступ до міжнародних патентних заявок та національних/регіональних патентних документів. Містить інформацію про більш ніж 1,8 млн міжнародних патентів. Дозволяє шукати також у патентних колекціях Африканської регіональної організації інтелектуальної власності (ARIPO), Аргентини, Бразилії, Куби, Ізраїлю, Марокко, Мексики, Республіки Корея, Сінгапура, Південної Африки, Іспанії та В'єтнаму
12	Patent Lens	Он-лайн сервіс, створений незалежною некомерційною організацією Cambia. Дозволяє пошук патентів із США, Європи, Австралії та ВОІВ. Містить більше 10 млн документів
13	WikiPatents	Безкоштовна пошукова система, що налічує більше 15 млн патентів. Постійно зростаюча база даних включає патенти й патентні заявки із США, Німеччини, Японії, Великобританії, Канади, Франції, Іспанії та Швейцарії. Про кожний патент видає коротку інформацію, наявна швидка навігація по зображеннях патенту, дозволяє завантаження патентів у різних форматах. Дозволяє перекладати за допомогою технології ГУГЛ

Продовження табл. 5.2

1	2	3
14	Surf IP	Проект відомства інтелектуальної власності Сінгапура. Дозволяє вести пошук у патентних базах даних Європейського патентного бюро (EPO), США (USPTO), WIPO, Великобританії (UK-IPO), Японії (JPO-IPDL), Тайваню (TIPO), Канади (CIPO), Китаю (SIPO), Тайланду (TIPIC), Кореї (KIPO), Сінгапура (IPOS)
15	Free Patents Online	Пошукова система, яка забезпечує швидкий доступ до мільйонів патентів і патентних заявок. Це одна з найпотужніших, швидких і простих систем патентного пошуку в Інтернеті. Free patents online дозволяє здійснювати пошук у БД патентного відомства США, Європейського патентного відомства, Всесвітньої організації інтелектуальної власності та Японському патентному відомстві
16	PRIORSMART	Забезпечує доступ більше ніж до 60 он-лайн патентних баз даних. Дозволяє проводити пошук за назвою, рефератом, формулою винаходу, іменем власника патенту, іменем винахідника, описом та МПК. Інтерфейс представлений іспанською, англійською, французькою, німецькою, російською, японською, китайською і корейською мовами

Предмет пошуку визначають, виходячи з конкретних завдань патентних досліджень, категорії об'єкта (пристрій, спосіб, речовина та ін.), а також із того, які його елементи, параметри, властивості та інші характеристики передбачається досліджувати.

Під час патентного дослідження *пристрою* предметами пошуку можуть бути: пристрої в цілому, принцип їх роботи, вузли та деталі, що входять до їх складу, матеріали, які використовуються для їх виготовлення, технологія виготовлення пристроїв і галузі їх можливого застосування.

Якщо об'єктом патентного дослідження є *спосіб* (технологічний процес), то предметом пошуку можуть бути: технологічний процес в цілому або його етапи, початкові та проміжні продукти, що використовуються під час його здійснення, а також кінцеві продукти і галузь їх застосування, устаткування, на базі якого реалізується дана технологія (спосіб).

Якщо об'єктом патентних досліджень є *речовина*, то предметами пошуку можуть бути: початкові матеріали, спосіб отримання, якісний і кількісний склад речовини.

Питання для самоперевірки

1. Дайте поняття інформації в широкому та вузькому смислі слова.
2. Визначте поняття науково-технічної інформації та її роль у наукових дослідженнях.
3. Охарактеризуйте композиційні особливості різних видів наукової інформації.
4. Назвіть роль та функції науково-технічної інформації.
5. Охарактеризуйте форми представлення інформації.
6. Назвіть способи подання інформації.
7. Перерахуйте способи опублікування інформації.
8. Назвіть, що є каталог та дайте класифікацію каталогів за призначенням, групуванням матеріалу за формою.
9. Які принципи побудови універсальної десятикової класифікації (УДК) (класи, групи, підгрупи). Наведіть приклади.
10. Яке місце галузей харчової промисловості та окремих видів виробництв в УДК ?
11. Назвіть класифікацію каталогів за формою та характеристику кожної форми каталогу.
12. Яке призначення та переваги електронних каталогів ?
13. Назвіть можливості електронних засобів надання інформації.
14. Назвіть призначення, структуру та правила роботи з реферативними журналами.
15. У якій послідовності здійснювати пошук джерел інформації?
16. Поясніть уніфікований опис джерел інформації.
17. Що є патент; вимоги до його складання.
18. Охарактеризуйте об'єкти патентування.
19. Як здійснювати патентний пошук?

РОЗДІЛ 6 НАУКОВІ ТВОРИ

6.1. Структура наукових творів

Наукові результати, які отримано в процесі досліджень, повинні бути оброблені, систематизовані та оформлені у вигляді звіту або інших видів наукової продукції – *наукових творів*. Кожний науковий твір має свої композиційні особливості залежно від змісту та його цільової спрямованості. Найчастіше дослідник зустрічається з такими видами наукових творів: реферат, тези доповіді, наукова стаття, монографія, дисертація, звіт з науково-дослідної роботи, рецензія, заявка про видачу патенту на винахід, доповідь (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Основні види наукових творів

№ з/п	Науковий твір	Характеристика
1	2	3
1	Інформативний реферат	стислий виклад сутності однієї наукової роботи
2	Науковий реферат	стислий виклад наукової теми (питання), складений на підставі проведеного огляду літературних джерел
3	Доповідь	містить основну ідею повідомлення та необхідну аргументацію для її обґрунтування
4	Тези доповіді	матеріали попереднього характеру, що містять виклад основних аспектів наукової доповіді
5	Наукова стаття	вид наукової публікації, де описано кінцеві або проміжні результати проведеного дослідження, обґрунтовано способи їх отримання, накреслено перспективи наступних напрацювань
6	Монографія	наукова праця у вигляді книги з поглибленим вивченням однієї або декількох (тісно пов'язаних між собою) тем, містить велику кількість наукових даних
7	Дисертація	містить відомості про самостійно виконану автором наукову роботу, яка представляється на пошукання наукового ступеня кандидата або доктора наук
8	Автореферат дисертації	стислий виклад дисертації, який виконується після її фактичного завершення
9	Звіт з науково-дослідної роботи	підсумковий результат науково-дослідницької роботи, що відповідає певним вимогам. Висвітлюється основна ідея, результати досліджень та шляхи їх використання

1	2	3
10	Рецензія	стаття, у якій критично розглядається один або декілька наукових творів, дається аналіз досліджень та оцінка викладення, відгук про нього
11	Заявка про видачу патенту на винахід	складається із заяви про видачу патенту на винахід, опису винаходу з його формулою, креслень (якщо вони необхідні). Містить акти випробувань та довідку про творчу участь кожного зі співавторів

Призначення *інформативного реферату* полягає в оперативному інформуванні науковців і фахівців про досягнення науки й технічного прогресу. Текст викладається в такій послідовності: тема, предмет (об'єкт), характер і мета роботи. У ньому слід показати ті особливості теми, які необхідні для розкриття мети й змісту роботи, методу її проведення. Опис методів доцільний у тому випадку, коли вони нові та мають особливий інтерес для цієї роботи. Тексти рефератів повинні бути короткими й чіткими.

У *науковому рефераті* висвітлюються наукові дослідження, виконані автором реферату, із викладом висунутої гіпотези, системи доказів, експерименту й отриманих результатів, указуються наукова новизна й практичне значення цих результатів. Такий реферат, що складається студентом під час виконання НДР, повинен висвітлювати одне з питань теми дослідження за літературними джерелами. Завершується реферат коротким висновком за основними положеннями наукової теми (питання).

Наукова *доповідь* (повідомлення) – стисле викладення основних наукових положень роботи, їх практичне вирішення, висновки та пропозиції. Обмежений час (10...20 хв) доповіді потребує короткого та чіткого викладення основних положень та їх аргументації. У доповіді виділяють основну ідею, формулюють мету та завдання дослідження, відзначають особливості роботи, ілюструють основні положення конкретними цифрами, чітко формулюють висновки роботи. Доповідь (повідомлення) не рекомендується читати перед аудиторією, її використовують лише для довідок, читання цитат. Емоційність, переконливість доповідача, його вміння полемізувати, забезпечують контакт з аудиторією, увагу слухачів.

Переконливість мови під час викладення доповіді великою мірою залежить від темпу, гучності та інтонації. Спокійна, нешвидка манера викладення завжди імponує слухачам. Доповідачеві необхідно слідкувати за правильністю літературної вимови, використовувати слова відповідно до їх смислу. Відповідати на питання слід коротко, за

суттю, проявляти скромність в оцінці своїх наукових результатів, витримку та тактовність навіть у випадку різких виступів опонентів. Самокритичність та поважне ставлення до ділової критики – важлива умова усунення недоліків у роботі.

Тези доповіді публікуються на початку наукової конференції (з'їзду, симпозіуму). Обсяг тез може бути в межах 0,5–2 сторінки. Послідовність викладу матеріалу наступна: актуальність проблеми; стан розробки проблеми в науці та практиці; основна ідея, положення, висновки дослідження; основні результати та їх практичне значення. У тезах зазвичай не використовують цитати, цифровий матеріал.

Виконана експериментальна робота має стати суспільним набутком. Простою формою впровадження результатів дослідження, загальною для всіх тем, є опублікування їх у вигляді статті. Обсяг *наукової статті* зазвичай складає 0,35 – 1 др. арк.

Наукова стаття містить такі необхідні елементи:

- заголовок статті з вказівкою прізвищ авторів, назви закладу, у якому виконана робота;
- постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано вирішення даної проблеми та на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, що досліджуються в означеній статті;
- формулювання цілей статті (постановка завдання);
- коротко, але досить ясно приводиться методика дослідження;
- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з цього дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямі;
- перелік посилань на використані джерела літератури.

Наукові статті виконують дослідницьку функцію (подають наукові результати), презентаційну (представляють дослідника в науковому товаристві), оцінну (оцінюють стан наукових досліджень із певної проблеми) та комунікативну (служать засобом спілкування дослідників).

Ознаками мови наукової статті є логічність, ясність, стислість, точність наукової термінології, вірогідність вихідної інформації, критичність у відборі фактів, доказовість змісту тексту, завершеність (цілісність розкриття одного або кількох питань), логічність і обґрунтованість висновків, наявність міркувань і посилань.

Серед учених прийнято будь-яку досить тривалу роботу з дослідження певної теми завершувати публікацією відповідної

монографії, що містить детальний опис методики дослідження, виклад результатів проведеної роботи, а також її інтерпретацію (додаток В).

Дисертація (від лат. «dissertatio» – твір, обговорення, доповідь) включає висвітлення стану вивчення проблеми (огляд та аналіз), результати теоретичних та експериментальних досліджень автора, висновки та рекомендації. У дисертації з технічних наук окремим розділом подаються авторські розробки технології або технічних конструктивних рішень. Основні результати, викладені в дисертації, публікуються у вигляді автореферату.

Автореферати дисертацій призначені для ознайомлення наукового співтовариства з таким питаннями, як:

- **актуальність**, мета й завдання дослідження;
- новизна й вірогідність запропонованих методів і рішень;
- практична й наукова значимість;
- положення, що виносяться на захист;
- **апробація** роботи й особистий внесок здобувача;
- обсяг і структура дисертації;
- **реферативний** виклад змісту роботи;
- список публікацій за темою роботи.

Звіт з науково-дослідної роботи (НДР) відноситься до неопублікованих документів (додаток Д). Він містить систематизовані відомості про науково-дослідну роботу, що описує процес чи результат дослідження. Структурно звіт про НДР складається з трьох частин (рис. 6.1).

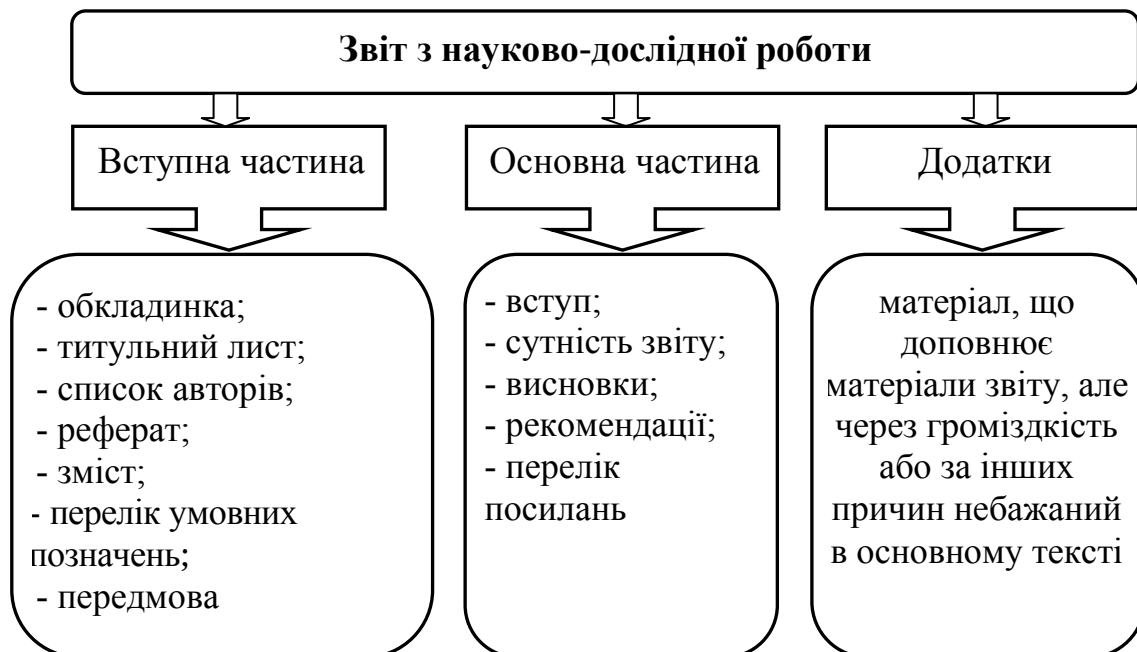


Рисунок 6.1 – Основні розділи звіту з науково-дослідної роботи

Науковий звіт представляють у вигляді тому (декількох томів), які надруковані на сторінці формату А 4 (40 рядків на сторінці). Текст звіту поділяють на розділи та підрозділи, які нумерують арабськими цифрами. Їх номери та заголовки перераховують у «Змісті». Ілюстрації та таблиці оформляють та нумерують відповідно до існуючих вимог. Перелік посилань розміщують у порядку з'явлення їх у тексті звіту.

У додатках можуть бути розміщені проміжні математичні викладки та розрахунки; таблиці допоміжних цифрових даних; протоколи та акти випробувань; опис апаратури та приладів, які використані в дослідженні; ілюстрації допоміжних матеріалів та ін. Кожний додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої великої симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої повинно бути надруковано слово «Додаток ____» і велика літера, що позначає додаток. Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ї. Один додаток позначається як додаток А. Додатки повинні мати спільну з рештою звіту наскрізну нумерацію сторінок.

Рецензія (відгук про наукову роботу) – це критична оцінка основних положень та результатів наукового дослідження, яке рецензується. Особливу увагу звертають на актуальність теми дослідження, доцільність та оригінальність використаних методів дослідження, новизну та достовірність одержаних результатів, їх практичну корисність.

Під час складання рецензії, як правило, дотримуються такої послідовності: обґрунтування необхідності (актуальності) теми; оцінка наукового змісту (основна частина рецензії), мови та стилю, послідовності викладення результатів дослідження; оцінка ілюстративного матеріалу, обсягу досліджень та рукопису викладення (рекомендації щодо скорочення або доповнення); загальні висновки; підсумкова оцінка дослідження.

Критика рецензента має бути принциповою, науково обґрунтованою, вимогливою, але разом із тим і чутливою, доброзичливою, що сприяє поліпшенню дослідження.

Якщо як підсумок експериментального дослідження одержано результат, який є винаходом, то до опублікування статті за даним питанням слід подати *заявку на винахід*.

Винаходом визнається нове, що має суттєву відмінність, технічне вирішення завдання в будь-якій галузі. Об'єктом винаходу може бути готовий пристрій, нова речовина, новий спосіб одержання виробу або речовини та застосування відомих раніше пристроїв,

способів, речовин за новим призначенням. *Заявка на винахід* складається із заяви про видання патенту на винахід, опису винаходу з його формулою, креслень (якщо вони необхідні) (додаток Е). Крім того, оформляють акти випробувань та довідку про творчу участь кожного зі співавторів у створенні винаходу. Усі матеріали подають у 3-х екземплярах.

Опис винаходу складається в такій послідовності: заголовок, вступна частина, власне опис предмету винаходу.

Спочатку вказується назва винаходу, яка має бути точною, короткою, конкретною та відповідати сутності винаходу.

Вступна частина опису починається з вказівки галузі промисловості, до якої відноситься винахід, та місця його застосування: вказується, який відомий пристрій, спосіб або речовину пропонується вдосконалювати, які конкретні недоліки відомого пристрою, способу або речовини він призначений виправити, які цілі досягаються або які задачі вирішуються в результаті застосування винаходу.

У частині опису винаходу викладається його сутність. Він має бути викладений настільки ясно та повно, щоб видно було його новизну та наведені в цьому розділі матеріали дозволяли б здійснити запропонований винахід.

Опис закінчується *формулою винаходу* – викладенням суті винаходу, яке зроблене за встановленими правилами. Містить суть, новизну та мету винаходу. Ця частина опису має дуже важливе значення.

Текст будь-якого наукового твору є підсумком творчого процесу, що викладений у науковому стилі, і передбачає наявність у автора певного рівня знань та кругозору.

6.2. Вимоги до оформлення наукових творів

Процес оформлення результатів наукових досліджень передбачає знання та дотримання деяких вимог, що висуваються до змісту наукового рукопису. До зазначених наукових творів подаються певні загальні вимоги, а саме:

- наявність актуальності, наукової новизни та теоретичної або практичної значимості отриманих результатів;
- структура та співвідношення між частинами роботи (архітектоніка або композиція наукового твору);
- логічна послідовність викладання матеріалів;
- переконливість аргументації;
- стислість та точність формулювань, які виключають можливість суб'єктивного та неоднозначного тлумачення;

- конкретність викладення результатів роботи;
- доведеність висновків;
- обґрунтованість рекомендацій.

Небажано включати до наукового твору відомості, що не отримані під час виконання досліджень, а запозичені з інших джерел.

Актуальність наукового результату – це важливість його для науки та практики на сьогодні.

Під науковою новизною розуміють особистий внесок авторів у вирішенні проблеми або теми, що досліджується.

Види наукових результатів за новизною подано в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Характеристика видів наукових результатів за новизною

Вид наукових результатів за новизною	Характеристика	Приклад формулювання за текстом твору
Принципово нові	Отримання принципово нових наукових знань у певній галузі	<i>Вперше</i> <i>встановлено..., визначено..., розроблено...</i>
Спрямовані на вдосконалення існуючих результатів	Розширення або доповнення відомих теоретичних чи практичних положень	<i>Удосконалено процес...</i>
Спрямовані на конкретизацію існуючих результатів	Уточнення відомих положень	<i>Набуло подальшого розвитку...</i>

Практична значимість визначається можливістю впровадження на практиці отриманих результатів дослідження. *Теоретична значимість* визначається роллю отриманих наукових результатів для подальшого розвитку науки.

Під архітектонікою розуміють композицію наукового твору, а саме дотримання співвідношення між такими його частинами: ВСТУП – ОСНОВНА ЧАСТИНА – ВИСНОВКИ.

Логічна послідовність викладання матеріалів передбачає чіткість, систематичність та послідовність їх подання. У рукописі слід уникати повторів, не допускати переходу до нової думки, поки перша не одержала повного закінченого виразу. Для забезпечення логічної послідовності викладення матеріалу необхідно застосовувати функціонально-лексичні засоби наукової мови (рис. 6.2).

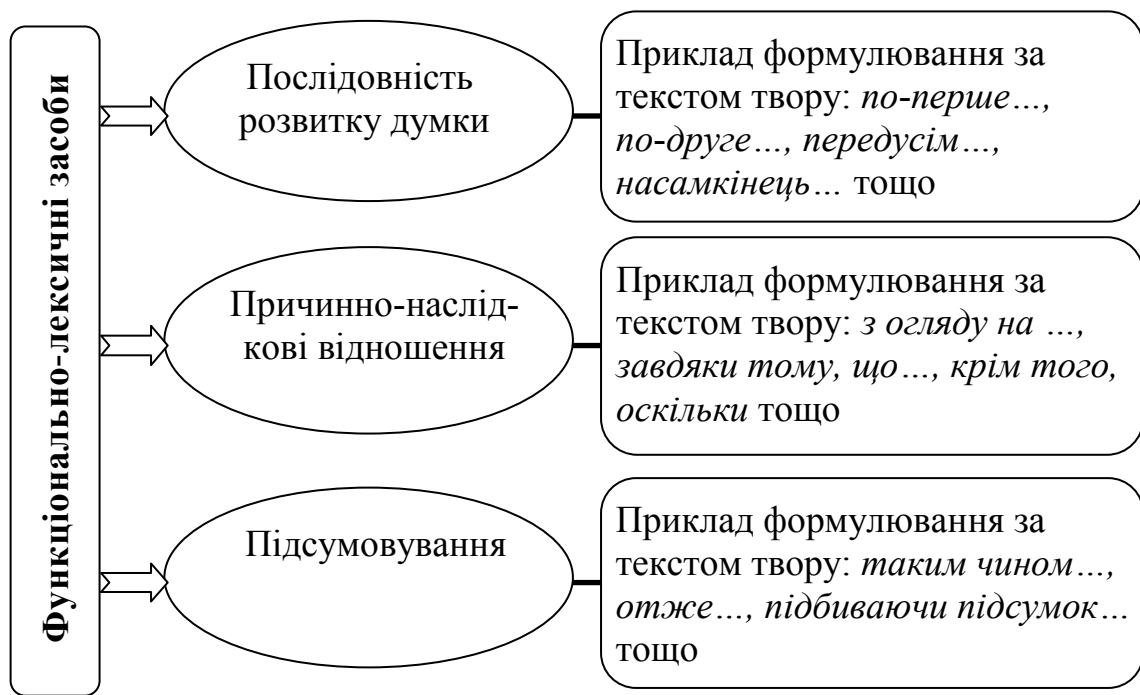


Рисунок 6.2 – Функціонально-лексичні засоби наукової мови

Матеріал викладають у *науковому стилі*, для якого характерні виразність викладення, точність слововживання, лаконізм, суворе дотримання наукової термінології, яка дозволяє в можливо короткій формі давати чіткі визначення та характеристики наукових фактів, понять, процесів та явищ.

Послідовне викладення прийнятої теоретичної позиції, логічність, виразність мови – характерні риси наукового стилю. Необхідно уникати мовних штампів, архаїзмів, частого повторення одних і тих самих слів. Їх варто замінювати синонімами. Недопустимим є використання розтягнутих фраз із нагромадженням речень.

Під час складання та оформлення наукової продукції слід керуватись вимогами ДСТУ 3008-95. «Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення».

Розглянемо основні вимоги до оформлення наукових творів, які є загальними для різних видів наукової продукції.

Наукові твори незалежно від виду подають у надрукованому вигляді – 40 рядків на сторінці формату А4.

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць, відповідно до рекомендацій ДСТУ 3008 (рис. 6.3).

Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, а також лінії, що обмежують таблицю зліва, справа та внизу, можна не проводити, якщо їх відсутність не робить важким

користування таблицею. Таблицю слід розмішувати безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці.

Назву таблиці розмішують після слова «Таблиця» та її порядкового номера. Нумерують таблиці арабськими цифрами в межах розділу. Назва таблиці має бути короткою та відображати зміст таблиці.

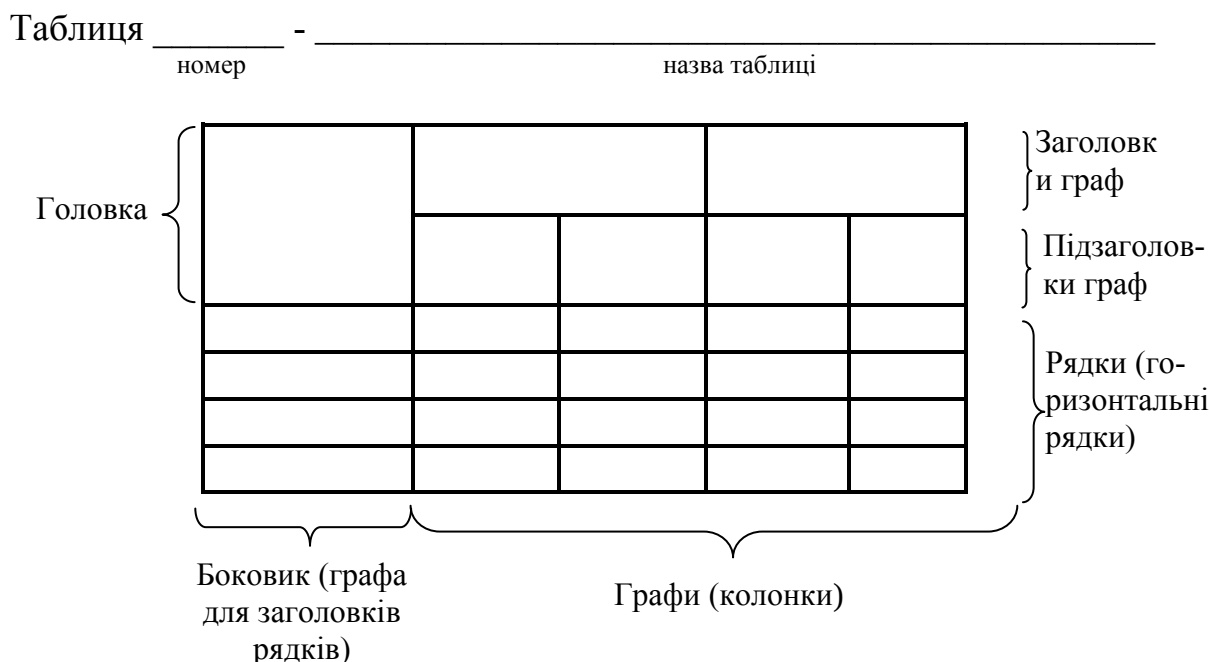


Рисунок 6.3 – Рекомендації ДСТУ 3008 щодо оформлення таблиць

Допускається частину таблиці переносити на наступну сторінку. При цьому в кожній частині таблиці повторюють її головку та боковик (допускається головку та боковик замінювати відповідно номерами граф або рядків). Слово «Таблиця» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть «Продовження таблиці» з вказівкою її номера. Заголовки, а також підзаголовки граф таблиці вказують в єдиному числі та друкують із прописних літерів, якщо вони мають самостійне значення, у кінці крапки не ставлять.

До ілюстрацій відносять креслення, рисунки, графіки, схеми, фотознімки, діаграми. Їх слід розмішувати безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці.

Ілюстрація позначається словом «Рисунок» із вказівкою порядкової нумерації арабськими цифрами в межах розділу та назвою. Пояснюючі дані розмішують одразу ж під рисунком, тобто до слова «Рисунок».

Якщо ілюстрація не вміщується на одній сторінці, то її можна переносити на інші. Пояснюючі дані наводять на кожній сторінці та під ними вказують «Рисунок», «лист.....».

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище та нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено не менше одного вільного рядка.

Формули й рівняння у звіті (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу.

Номер формули або рівняння складається з номера розділу та порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула першого розділу. Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні на рядку.

Посилання в тексті на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, „... у роботах [1–7] ...”.

Важливим елементом оформлення наукових творів є складання переліку посилань на використану літературу. Список літератури до наукового твору оформлюється за ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання» (додаток Ж).

Питання для самоперевірки

1. Які види наукових творів існують?
2. Назвіть основні структурні елементи наукової статті, тез доповідей.
3. Особливості структури дисертації та автореферату дисертації.
4. Надайте вимоги до оформлення наукових творів.
5. Охарактеризуйте основні розділи звіту з науково-дослідної роботи.
6. Особливості оформлення додатків до наукових звітів.
7. Що називається винаходом?
8. Порядок оформлення заявки на винахід.
9. Яка нормативна документація регламентує вимоги щодо складання та оформлення наукової продукції?
10. Наведіть характеристику видів наукових результатів за новизною.
11. Які основні функціонально-лексичні засоби наукової мови Ви знаєте?
12. Назвіть вимоги до оформлення таблиць та ілюстрацій.

Список рекомендованої літератури

1. Бабиюк Г. В. Основы научных исследований : курс лекцій / Г. В. Бабиюк. – Алчевск : ДонГТУ, 2007. – 247 с.
2. Васильев Е. М. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие / Е. М. Васильев, О. Я. Кравец. – Воронеж : Научная книга, 2007. – 180 с.
3. Волкова В. Н. Теория систем : учеб. пособие / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – М. : Высшая школа, 2006. – 511 с.
4. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М. : Вильямс, 2007. – 912 с.
5. Єріна А. М. Методологія наукових досліджень : навч. посібник / А. М. Єріна, В. Б. Захожай, Д. Л. Єрін. – Київ, 2004. – 112 с.
6. Качала В. В. Основы теории систем и системного анализа : учеб. пособие для вузов / В. В. Качала. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 216 с.
7. Кожухар В. М. Основы научных исследований : учеб. пособие / В. М. Кожухар. – М. : Дашков и К°, 2010. – 216 с.
8. Конверський А. Є. Основи методології та організації наукових досліджень : навч. посіб. / за ред. А. Є. Конверського. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 352 с.
9. Корбутяк В. І. Методологія системного підходу та наукових досліджень : навч. посібник / В. І. Корбутяк. – Рівне : НУВГП, 2010. – 176 с.
10. Лудченко А. А. Основы научных исследований : учеб. пособие / А. А. Лудченко, Я. А. Лудченко, Т. А. Примак ; под ред. А. А. Лудченко. – 2-е изд. – К. : Знания, 2001. – 113 с.
11. Макогон Ю. В. Методика научных исследований внешнеэкономических связей / Ю. В. Макогон, В. В. Пилипенко. – Донецк, 2002. – 170 с.
12. Основи наукових досліджень : навч. посібник [Електронний ресурс] / В. С. Марцин [та ін.]. – Режим доступу : <<http://www.info-library.com.ua/books-book-162.html>>.
13. Методы исследований и организация экспериментов / под ред. проф. К. П. Власова. – Х. : Гуманитарный Центр, 2002. – 256 с.
14. Огурцов А. Н. Основы наукових досліджень / А. Н. Огурцов. – Харків : НТУ «ХП», 2008. – 178 с.
15. Огурцов А. Н. Научные исследования и научная информация / А. Н. Огурцов, О. Н. Близнюк. – Харків : НТУ «ХПИ», 2011. – 400 с.
16. Основи наукових досліджень у вищій школі : навч. посібник / І. С. Позднякова-П'ятницька [та ін.]. – Київ, 2003. – 116 с.

17. Сабитова Р. Г. Основы научных исследований : учеб. пособие / Р. Г. Сабитова. – Владивосток : ДГУ, 2005. – 138 с.
18. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / О. Н. Сафонова [и др.]. – Харьков : ХГТУСХ, 2000. – 199 с.
19. *Системный анализ и принятие решений. Словарь-справочник : учеб. пособие для вузов / под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М. : Высш. шк., 2004. – 616 с.*
20. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень : навч. посібник / Г. С. Цехмістрова. – Київ : Слово, 2003. – 240 с.
21. Шашенкова Е. А. Исследовательская деятельность : словарь / Е. А. Шашенкова. – М. : Перспектива, 2010. – 88 с.
22. Шевелёва Г. И. Патентоведение и основы научных исследований : учеб. комплекс / Г. И. Шевелёва. – Кемерово : КТИПП, 2003. – 80 с.
23. Шкляр М. Ф. Основы научных исследований : учеб. пособие / М. Ф. Шкляр. – М. : Дашков и К°, 2008. – 243 с.
24. Шлей Н. Основы научных исследований : учеб. пособие [Электронный ресурс] / Н. Шлей. – Режим доступа : <<http://shley.ru/o-kyrse-osnovy-naychnyh-issledovaniy/o-kyrse-osnovy-naychnyh-issledovaniy.html>>.
25. Яшина Л. А. Основы научных исследований : учеб. пособие / Л. А. Яшина. – Сыктывкар : СыктГУ, 2007. – 71 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Значення критерію Кохрена

Число дисперсій N	Число ступенів волі f_1 максимальної дисперсії							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0,999	0,975	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,816
3	0,967	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633
4	0,907	0,768	0,684	0,629	0,590	0,560	0,637	0,518
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,507	0,478	0,456	0,439
6	0,781	0,616	0,532	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382
7	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338
8	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304
9	0,639	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277
10	0,602	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282	0,267	0,254
12	0,541	0,392	0,326	0,288	0,262	0,244	0,230	0,219
15	0,471	0,335	0,276	0,242	0,220	0,203	0,191	0,182
20	0,389	0,271	0,221	0,192	0,174	0,160	0,150	0,142

Таблиця А.2 – Значення критерію Стюдента t_α

Число ступенів волі	Рівень достовірності, %		Число ступенів волі	Рівень достовірності, %		Число ступенів волі	Рівень достовірності, %	
	95	99		95	99		95	99
1	12,75	63,66	12	2,18	3,06	23	2,07	2,81
2	4,30	9,92	13	2,16	3,01	24	2,06	2,80
3	3,18	5,84	14	2,14	2,98	25	2,06	2,79
4	2,78	4,60	15	2,13	2,95	26	2,06	2,78
5	2,57	4,03	16	2,12	2,92	27	2,05	2,77
6	2,45	3,71	17	2,11	2,90	28	2,05	2,76
7	2,36	3,50	18	2,10	2,88	29	2,04	2,76
8	2,31	3,36	19	2,09	2,89	30	2,04	2,75
9	2,26	3,25	20	2,09	2,84	31	2,02	2,70
10	2,23	3,17	21	2,08	2,83	32	2,00	2,66
11	2,20	3,11	22	2,07	2,82	33	1,98	2,62

Таблиця А.3 – Значення критерію Фішера

Число ступенів волі відтворюваності f_2 (знаменник)	Число ступенів волі адекватності (чисельник)									
	1	2	3	4	5	6	8	12	24	>24
3	10,7	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,8	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,1	4,0	3,8	3,7
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,7	3,6	3,4	3,2
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,4	3,3	3,1	2,9
9	5,1	4,3	4,0	3,6	3,5	3,4	3,2	3,1	2,9	2,7
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	2,9	2,7	2,5
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3
14	4,6	3,7	3,3	3,1	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
16	4,5	3,6	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6	2,4	2,2	2,0
18	4,4	3,6	3,2	2,9	2,8	2,7	2,5	2,3	2,1	1,9
20	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3	2,1	1,7
25	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7
30	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9	1,6
35	4,1	3,3	2,9	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5
40	4,1	3,2	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8	1,5
50	4,0	3,2	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,4
60	4,0	3,1	2,8	2,5	2,4	2,2	2,1	1,9	1,7	1,4
88	4,0	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2	2,0	1,9	1,6	1,3
100	3,9	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2	2,0	2,8	1,6	1,3
> 100	3,0	3,0	2,6	2,4	2,2	1,9	1,9	1,7	1,5	1,3

Додаток Б

Б.1. Зразок патенту на корисну модель



Б.2. Зразок патенту на винахід



Додаток В
Монографія

Г.М. Лисюк
О.Г. Шидакова-Каменюка
І.М. Фоміна

**Технологія борошняних
кондитерських виробів
з використанням ядра
соняшникового насіння**

Монографія



**Харків
2009**

Додаток Г

Титульний аркуш звіту з НДР

УДК 06.053:664.66:667.27

№ держреєстрації 0112U004315

Інв. №

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський державний університет харчування та торгівлі
(ХДУХТ)

61051, м. Харків, вул. Клочківська, б. 333;
тел. (057) 336-89-79; факс 337-85-35.

ПОГОДЖЕНО
Фізична особа-підприємець
"Рибальченко Валентина Петрівна"

Черевко

“ _____ ” _____ 2012 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор ХДУХТ

д.т.н., проф. _____ О.І.

“ _____ ” _____ 2012 р.

З В І Т
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
№ 18-12 Д

“РОЗРОБКА ПРОЕКТУ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА МАСТИКУ З
ВИКОРИСТАННЯМ НАТУРАЛЬНИХ БАРВНИКІВ ”
(заключний звіт)

Начальник НДС
канд. техн. наук

ПІБ

Керівник теми
канд. техн. наук

ПІБ.

Харків – 2012

Рукопис закінчено “ 11 ” червня 2012 р.

Додаток Д

Приклад оформлення заявки на винахід

Необхідне помітити знаком х

(22) Дата подання заявки	Пріоритет	(51) МПК	ЕВ	(21) Номер заявки
☐ (86)Регістраційний номер міжнародної заявки та дата міжнародного подання, установлені одержуючим відомством (87)Номер і дата міжнародної публікації міжнародної заявки				
ЗАЯВА про видачу патенту (декларативного патенту) України на винахід (корисну модель)		МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ Український інститут промислової власності (УІПВ) вул. Глазунова, 1 м.Київ, 01601		
Подаючи вказані нижче документи, прошу (просимо) видати: ☐ патент України на винахід ☐ патент України на корисну модель на ім'я:				
<i>Харківський державний університет харчування та торгівлі</i>				
(71) Заявник(и)				Код ЗКПО (для українських заявників) 01566330
<i>Харківський державний університет харчування та торгівлі</i> <i>Україна 61051 м.Харків, вул. Клочківська, 333</i>				
(зазначається повне ім'я або найменування заявника(ів), його(їх) повна поштова адреса та код держави згідно зі стандартом BOIB ST. 3. Дані про адресу винахідників-заявників наводяться під кодом 72)				
Прошу (просимо) встановити пріоритет ☐ заявки ☐ пунктів формули № _____ за датою: ☐ подання попередньої(їх) заявки(ок) в державі - учасниці Паризької конвенції (навести дані під кодами 31, 32, 33) ☐ надходження попередньої заявки до Держпатенту України (навести дані під кодом 62)				
(31) Номер попередньої заявки	(32) Дата подання попередньої заявки	(33) Код держави подання заявки згідно зі стандартом BOIB ST. 3	(62) Номер та дата подання попередньої заявки до Установи	
(54) Назва винаходу (корисної моделі)				
Спосіб виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч»				
Повна поштова адреса для листування, прізвище або найменування адресата <i>Україна 61051 м. Харків, вул. Клочківська, 333, Харківський державний університет харчування та торгівлі</i> Телефон _____ Телеграф _____ Факс <i>(0572) 336-94-88</i>				
(74) Прізвище та реєстраційний номер представника у справах інтелектуальної власності				

Необхідне помітити знаком х

Продовження додатка Д

☐ Прошу (просимо) прискорити публікацію заявки

Перелік документів, що додаються	Кількість арк.	Кількість прим.	Підстави щодо виникнення права на подання заявки і	
☐ опис винаходу	3	3	одержання патенту (без подання документів), якщо винахідник(и) не є заявником(ами):	
☐ формула винаходу	1	3		
☐ креслення та інші графічні матеріали				
☐ реферат	1	3		
☐ документ про сплату збору за подання заявки	1	1		
☐ документ, який підтверджує наявність підстав для зменшення збору				☐ існує документ про передачу права винахідником або роботодавцем правонаступнику
☐ документ про депонування штампу				
☐ копія попередньої заявки, яка підтверджує право на конвенційний пріоритет				
☐ переклад заявки на _____ мову				
☐ документ, який підтверджує повноваження довіреної особи (доручення)				
☐ інші документи:				
☐ міжнародний звіт про пошук				
(72) Винахідник (и) Винахідник (и) - заявник (и) (прізвище, ім'я, та по батькові)	Повна домашня адреса та код держави згідно зі стандартом BOIB ST.3. (для іноземців - тільки код держави)		Підпис (и) винахідника (ів) - заявника (ів)	
Лисюк Галина Михайлівна	61195, м. Харків, вул. XXXXX, буд. XX, кв. XX			
Шидакова-Каменюка Олена Гайдарівна	61157, м. Харків, вул. XXXXX, буд. XX, кв. XX			
Шкляєв Олексій Миколайович	м. Харків, вул. XXXXX, буд. XX			
Я (ми) _____ _____ прошу (просимо) не згадувати мене (нас) як винахідника (ів) при публікації відомостей стосовно заявки та патенту Підпис(и) винахідника (ів) _____				
Підпис (и) заявника (ів) <u>Ректор Харківського державного університету харчування та торгівлі, д.т.н., проф. Черевко О.І.</u>				
Дата підпису М.П. Якщо заявником виступає юридична особа, підпис її керівника із зазначенням посади скріплюється печаткою. Якщо всі винахідники виступають заявниками, їх підписи наводяться під кодом 72.				

A 23 D 13/08

Спосіб виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч»

Корисна модель відноситься до харчової промисловості, а саме до виробництва борошняних кондитерських виробів – масляного бісквіту з використанням подрібненого ядра насіння соняшника, що може бути застосований для збагачення раціону харчування на мінеральні речовини (К, Са, Mg, Na, Р, Fe), вітамін Е, а також поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) та клітковину.

Найближчим аналогом до рішення, що заявляється, є спосіб виробництва масляного бісквіту «Прага» [1]. Недоліком цього способу є одержання бісквіту з незначним вмістом вітаміну Е, ПНЖК та клітковини, що не вирішує питання збагачення раціону харчування.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч» шляхом додавання подрібненого ядра насіння соняшнику, який є джерелом білку, мінеральних речовин, ПНЖК, вітаміну Е та клітковини.

Поставлена задача вирішується тим, що в запропонованому способі передбачено підготовку сировини до виробництва, приготування напівфабрикатів (жовтково-насінневої суміші, збитого яєчного білку), замішування тіста, формування виробів, випікання, охолодження, вистоювання, зачищення, фасування, зберігання та реалізацію, згідно корисної моделі, на стадії приготування напівфабрикатів вноситься 8...15% подрібненого ядра насіння соняшнику до маси загальної рецептурної сировини з повною заміною вершкового масла.

Відміна даного способу полягає в тому, що з метою збагачення раціону харчування на мінеральні речовини (К, Са, Mg, Na, Р, Fe), вітамін Е, а також ПНЖК та клітковину на стадії приготування напівфабрикатів вноситься 8...15% подрібненого ядра насіння соняшнику до маси загальної рецептурної сировини з повною заміною вершкового масла.

Технічний результат рішення, що заявляється: провідна функціональна характеристика бісквіту – підвищена біологічна цінність завдяки внесенню подрібненого ядра насіння соняшнику для збагачення раціону харчування на білок, мінеральні речовини, ПНЖК, вітамін Е та клітковину.

Приклад конкретного застосування.

Жовтки яйця фільтрують, розтирають з половиною просіяного цукру передбаченого рецептурою, до повного розчинення його кристалів. Ядро насіння соняшнику подрібнюють до пастоподібного стану та додають в отриману суміш у кількості 8...15% до маси загальної рецептурної сировини. Білки збивають окремо. В кінці збивання додають решту цукру. Збиті білки і жовтково-насінневу суміш поєднують, потім поступово всипають борошно попередньо з'єднане з какао-порошком, і замішують тісто. Тісто розливають у круглі форми, дно яких попередньо прокладене папером, та випікають. Випечений масляний бісквіт з подрібненим ядром насіння соняшнику охолоджують, виймають з форми і витримують. Після чого знімають папір та зачищають.

За органолептичними показниками масляний бісквіт з подрібненим ядром насіння соняшнику повинний відповідати вимогам, які зазначені в таблиці 1.

Таблиця 1
Органолептичні показники масляного бісквіту «Полярна ніч»

Показники	Характеристика бісквіту
Зовнішній вигляд	Правильна форма, поверхня гладка без пошкоджень.
Стан м'якуша:	Добре пропечений, без грудочок і слідів непромісу; на розрізі має розрихлену пишну структуру, пори дрібні, рівномірні.
Колір	Коричневий рівномірний за всім об'ємом.
Запах	Виражений, властивий даному виду виробу, з легким ароматом ядра насіння соняшника.
Смак	Виражений властивий даному виду виробу без гіркоти і стороннього присмаку

Список використаних джерел

1. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. – 1998. – 300 с.

Формула винаходу

Спосіб виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч» передбачає підготовку сировини до виробництва, приготування напівфабрикатів (жовтково-насінневої суміші, збитого яєчного білку), замішування тіста, формування виробів, випікання, охолодження, вистоювання, зачищення, фасування, зберігання та реалізацію, який відрізняється тим, що на стадії приготування напівфабрикатів вноситься 8...15% подрібненого ядра насіння соняшнику до маси загальної рецептурної сировини з повною заміною вершкового масла.

1 н. п. ф-ли

Ректор ХДУХТ, д.т.н., проф.

Черевко О.І

РЕФЕРАТ

Спосіб виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч»

Корисна модель відноситься до харчової промисловості, а саме до виробництва борошняних кондитерських виробів – масляного бісквіту з використанням подрібненого ядра насіння соняшника, який може бути застосований для збагачення раціону харчування на мінеральні речовини (К, Са, Mg, Na, Р, Fe), вітамін Е, а також поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) та клітковину.

Спосіб виробництва масляного бісквіту «Полярна ніч» передбачає підготовку сировини до виробництва, приготування напівфабрикатів (жовтково-насінневої суміші, збитого яєчного білку), замішування тіста, формування виробів, випікання, охолодження, вистоювання, зачищення, фасування, зберігання та реалізацію. На стадії приготування напівфабрикатів вноситься 8...15% подрібненого ядра насіння соняшнику до маси загальної рецептурної сировини з повною заміною вершкового масла.

Додаток Е

Зразки бібліографічних записів згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1-2006. СІБВС. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання.

Назва видання	Зразок опису
Книга одного автора	Задоя А. О. Мікроекономіка : курс лекцій та вправи / А. О. Задоя. – 4-те вид., стер. – К. : Знання, 2005. – 211 с.
Книга двох авторів	Єрмоленко М. М. Аналіз і оцінка інвестиційних проектів : навч. посібник / М. М. Єрмошенко, І. О. Плужников ; Нац. акад. упр. – К. : Нац. акад. упр., 2006. – 155 с.
Книга трьох авторів	Клебанова Т. С. Эконометрия : учеб. пособие / Т. С. Клебанова, Н. А. Дубровина, Е. В. Раевнева ; Харьк. нац. экон. ун-т. – Х. : ИД «Инжэк», 2005. – 156 с.
Книга чотирьох авторів	Організація ветеринарної справи / В. О. Бусол, А. Ф. Євтушенко, Д. І. Бондар, В. А. Ситнік. – К. : КОВПЦ "Златояр", 2005. – 345с.
Книга, що має більш ніж чотири автори	Методы и модели оптимального управления в экономике : учеб. пособие / Т. С. Клебанова, Н. А. Дубровина, О. Ю. Поляк [и др.] ; Харьк. нац. экон. ун-т. – Х. : ХНЭУ, 2005. – 235 с.
Збірник наукових праць	Науковий вісник Нац. аграр. ун-ту : зб. наук. пр. № 6.– К. : НАУ, 1998. – 168 с.
Окремий том багатотомного видання	Металловедение и термическая обработка стали. В 3 т. Т. 2. Основы термической обработки : справочник / М. Л. Бернштейн, Б. С. Бокштейн, С. З. Бокштейн [и др.] – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1983. – 367 с.
Автореферат дисертації	Прокопенко Л. С. Бібліографічна секція Міжнародної федерації бібліотечних асоціацій та закладів як осередок дослідження національної бібліографії (1965-2002pp.) : автореф. дис. ... канд. іст. наук : 07.00.08 / Л. С. Прокопенко ; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв. – К., 2004. – 18 с.
Авторське свідоцтво	А. с. 1007970 СССР, МКИ В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ба-тулин, В. Г. Кемайкин (СССР). – № 330585/25 ; заявлено 23.11.81 ; опубл. 30.08.83, Бюл. № 12. – 2 с.
Патент	Пат. 4601572 США, МКИ G 03 В 27 / 74. Microfilming system with zone controlled adaptive lighting / Wise David S. (США) ; McGraw-Hill Inc. – № 721205 ; заявл. 09.04.85 ; опубл. 22.06.86 ; НКИ 355/68. – 3 с.

Продовження додатка Е

Стандарт	ГОСТ Р 517721-2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования. – Введ. 2002-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 27 с. Издания. Международная стандартная нумерация книг : Гост 7.53-2001. – Взамен ГОСТ 7.53-86 ; введ. 2002-07-01. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Изд-во стандартов, 2002. – 3 с.
Електронні ресурси: віддалені ресурси локальні ресурси	Прокопенко Л. С. Бібліографічна секція Міжнародної федерації бібліотечних асоціацій та закладів як осередок дослідження національної бібліографії (1965-2002 pp.) [Електронний ресурс] : автореф. дис. ... канд. іст. наук : 07.00.08 / Київ. нац. ун-т культури і мистецтв. – Електрон. дан. (1 файл). – К., 2004. – 18 с. – Режим доступу : http://www.nbuv.gov.ua/ard/2004/04plsdnb.zip . – Назва з екрана. Технологии информационного общества и культура [Электронный ресурс] : Международные конференции и проекты / Центр ПИК. – Электрон. дан. – М., 2004. – 1 электрон. опт. диск . – Загл. с этикетки диска.
Складові частини документів:	
Глава	Ремизов К. С. Нормирование труда / Ремизов К. С. // Справочник экономиста по труду. – М., 1982. – Гл. 1. – С. 5–58.
Стаття з журналу	Павленко С. Ефективність бровермектину-гранулята при інвазійних хворобах водоплавних птахів / С. Павленко, А. Березовський // Ветеринарна медицина України. – 2005. – № 11. – С. 12-13. Скрипаль І. Г. Описи видів прокаріотів : проблема, вимоги, шляхи вирішення / І. Г. Скрипаль, І. О. Баркова // Мікробіологічний журнал. – 2005. – Т. 67, № 6. – С. 3-11.
Стаття з газети: – газета до 8 сторінок – газета більше ніж 8 сторінок	Індекс інфляції // Слобідський край. – 2007. – 6 січня. Литвицький В. Від інфляційного компромісу до антиінфляційного консенсусу / Володимир Литвицький // Урядовий кур'єр. – 2007. – 16 січня. – С. 7.
Стаття із збірки	Апатенко В. М. Иммуная защита при паразитоценозах / В. М. Апатенко // Підвищення продуктивності с.- г. тварин : зб. наук. праць ХДЗВА. – Х., 2006. – Т. 16. – С. 425–428.

Навчальне видання

ЛИСЮК Галина Михайлівна
ШИДАКОВА-КАМЕНЮКА Олена Гайдарівна
САМОХВАЛОВА Ольга Володимирівна та ін.

ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

Навчальний посібник

Редактор Н. А. Кобилко

Підписано до друку __.__.2014 р. Формат 60х84. 1/16. Папір офсет. Друк офс.
Умов. друк. арк. 12,6. Тираж прим. Зам. №

Видавець та виготівник

Харківський державний університет харчування та торгівлі
Вул. Клочківська, 333, Харків, 61051
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 4417 від 10.10.12 р.