

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Б.П. СЕРЕДА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ

**«МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ,
АНАЛІЗ ТА ПРЕЗЕНТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ»**
для пошукувачів вищої освіти, які навчаються
за освітньо-науковими програмами
третього PhD рівня всіх спеціальностей

Затверджено
Редакційно-видавничою секцією
науково-методичної ради ДДТУ
«17» вересня 2020 р., Протокол № 5

Кам'янське
2020

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету **заборонено.**

Конспект лекцій з дисципліни «Методи експериментальних досліджень, аналіз та презентація результатів» для за освітньо-науковими програмами третього PhD рівня всіх спеціальностей. Кам'янське, ДДТУ, 2020. 41с.

Укладач: Б.П. Серeda, професор, д.т.н.

Відповідальний за випуск Б.П. Серeda, професор, д.т.н.

Рецензент О.О. Бейгул д.т.н., професор, завідувач кафедри МБ

Затверджено на засіданні кафедри ААГ
Протокол № 8 від 30. 06 2020 р

Коротка анотація видання. Курс лекцій написаний у відповідності до робочої програми дисципліни «Методи експериментальних досліджень, аналіз та презентація результатів»

Тема 1

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОНЯТТЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наукове дослідження – це всебічне та достовірне вивчення об'єкта, процесу або явища, їх структури, зв'язків та співвідношення на основі наукових принципів і методів пізнання, а також отримання і впровадження корисних результатів. Будь-яке наукове дослідження має свій об'єкт і предмет дослідження. **Об'єкт дослідження** – це матеріальна або ідеальна система. **Предмет дослідження** – це структура системи, закономірності взаємодії елементів у середині системи і поза нею, закономірність її розвитку, різні властивості та якості цієї системи [1–2].

Науковий напрям – це наука або комплекс наук, в межах яких виконується певна наукова робота. Розрізняють технічні, біологічні, історичні та інші напрями з можливою їх деталізацією.

1.1 Вибір напрямку та теми наукового дослідження

Напрямок наукового дослідження визначається галуззю науки, специфікою наукових інститутів. Конкретизація напрямку наукових досліджень проводиться на базі вивчення виробничих, суспільних потреб і стану досліджень. Під **науковим напрямом** розуміють сферу наукових досліджень наукового колективу, яка спрямована на вивчення певних фундаментальних, теоретичних і експериментальних завдань у відповідній галузі науки.

Науковий напрям – сфера дослідження наукового колективу, який упродовж відповідного часу розв'язує ту чи іншу проблему.

Розрізняють технічні, біологічні, соціальні, економічні напрями з подальшою деталізацією. Структурними одиницями наукового напрямку є комплексні проблеми, проблеми, теми і питання.

Дослідницька робота розпочинається з вибору проблеми або теми дослідження. **Проблема** – форма наукового пізнання, у якій констатується недостатність досягнутого до даного моменту рівня знання. Проблема наукових досліджень вибирають, виходячи з фахової готовності та зацікавленості: планів науково-дослідних робіт установи (науково-дослідної тематики, що передбачається планами галузевих міністерств, відомств, академій наук, закладів освіти, тематичних завдань, замовлень на проведення досліджень); цільових комплексних, галузевих і регіональних науково-технічних програм [3].

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

На основі ретельного вивчення вітчизняних та зарубіжних публікацій вибраному та суміжних наукових напрямках формують основну проблему і в загальних рисах визначають очікуваний результат. Важливим під час формулювання проблеми є вивчення **стану наукових розробок** у цьому

напрямі, у процесі якого слід розділити: знання, що набули загального визнання наукової спільноти та перевірені на практиці; питання, які є недостатньо розробленими і вимагають наукового обґрунтування; невирішені питання, сформульовані у процесі теоретичного осмислення, запропоновані практикою або ті, що виникли під час вибору теми.

Такий підхід надає змогу з'ясувати зміст проблеми. Розробка структури проблеми передбачає виділення тем, розділів, питань. У кожній темі виявляють орієнтовну сферу дослідження. Потім її конкретизують, провівши внутрішній причинно-наслідковий аналіз і виявивши всі змістовні сторони. Тому виділяють похідні проблеми, кожна з яких має стати об'єктом деталізації доти, доки не будуть визначені конкретні завдання – зміст поставленої проблеми. Важливим моментом конкретизації проблеми є обмеження кола питань, які необхідно вивчити.

Необхідно вивчити історичні аспекти та сучасний стан проблеми, оскільки це є важливим елементом пошуку правильного рішення. Слід також виявити коло питань, які стануть відправною точкою при визначенні перспектив подальшого вивчення проблеми. Наукова проблема має бути актуальною, науково значимою та вирізнятись новизною.

Для обґрунтування актуальності проблеми необхідне висвітлення кількох позицій, зокрема посилення на документи, у яких визначаються соціальні замовлення у сфері освіти та її практичних потреб, що характеризуються недостатністю тих чи інших наукових знань, які потребують вирішення.

Важливою складовою, що забезпечує ефективність проведення будь-якого наукового-дослідження, є чітке формулювання його теми, яка повинна відбивати рух від досягнутого наукою, від звичного до нового, містити момент зіткнення старого з новим.

Тема дослідження – методологічна характеристика дослідження; відображає проблему в її характерних рисах, окреслює межі дослідження, конкретизуючи основний задум та створюючи передумови успіху роботи в цілому.

Тема – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або кілька питань дослідження. Тема формується на основі загального ознайомлення з проблемою, в межах якої буде проводитись дослідження.

Актуальність. Дослідницька робота повинна бути актуальною, тобто скерованою на розв'язання конкретних і корисних завдань, які є важливими у даному напрямі науки. Визначення актуальності теми базується на вивченні спеціальної періодичної літератури та виробництва, участі у виставках, конференціях тощо.

Рівень інтересу до проблеми. Одним із критеріїв перспективності обраного напрямку дослідження є застосування найпростіших наукометричних досліджень. Термін «наукометрія» означає науку, яка займається кількісним описом власне науки. Оскільки наука – це, перш за все, одержання нової інформації, наукометричні дослідження присвячені вивченню проблем накопичення і передачі інформації. Дослідження можуть виконуватись на основі аналізу науково-технічної літератури, яка стосується певної проблеми.

Попередній теоретичний та інженерний розрахунки. Перед початком досліджень необхідно вивчити теоретичні засади певної проблеми і провести попередні теоретичні розрахунки (якщо це можливо). Це дозволяє виявити ті елементи проблеми, які ще недостатньо розроблені, й намітити план подальших досліджень.

Матеріальна база. Після того, як тема початково сформульована, уточнюється матеріальна база, необхідна для виконання роботи. Для проведення багатьох робіт потрібний спеціальний інструментарій, сучасні електронні прилади та обладнання, на придбання яких потрібні великі кошти. У той же час виконання досліджень на застарілому обладнанні недоцільне, оскільки це знижує достовірність результатів. Але завжди доводиться шукати варіанти технічного забезпечення досліджень, що вирішуються за допомогою простої доступної техніки.

Точність вимірювань. Необхідно, хоча б приблизно, оцінити межі використання результатів, і це дасть відповідь на вимоги щодо точності вимірювань.

Терміни виконання. Повинні бути встановлені реальні терміни виконання роботи. Затягування дослідження інколи призводить до того, що результати отримують швидше інші дослідники або ж вони стають неактуальними.

Зацікавлені особи. Необхідно визначити коло організацій і осіб, які зацікавлені в результатах роботи і можуть допомогти у її виконанні. Може бути корисним обговорення змісту майбутнього дослідження із зацікавленими особами. Це дає змогу конкретизувати завдання або додати ще інші, запобігти дублюванню робіт, а також домовитись про проведення спільних досліджень.

Тема повинна відповідати профілю наукового колективу, членом якого є дослідник. Кожен науковий колектив (ВНЗ, НДІ, відділ, кафедра) має свій профіль, кваліфікацію, компетентність.

Отже, на стадії обґрунтування теми дослідження вивчають усі критерії її вибору, після чого приймають рішення про доцільність її розробки.

Визначення предмета та об'єкта дослідження. Мета і завдання дослідження

Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію і обирається для вивчення.

Предмет дослідження – явище або процес, що знаходиться в межах об'єкта та розглядається як елемент, частина об'єкта дослідження.

Об'єкт і предмет дослідження, як категорії наукового процесу співвідносяться між собою, як загальне і часткове. В об'єкті виділяється його частина, яка є предметом дослідження. Саме на нього спрямована основна увага науковця, оскільки предмет дослідження визначає тему наукового дослідження. Одним із важливих творчих етапів вирішення проблеми є визначення мети та завдань наукового дослідження.

Метою наукового дослідження є всебічне, достовірне вивчення об'єкта, явища або процесу, їх структури, зв'язків на основі розроблених у науці

принципів і методів пізнання; здобуття і впровадження у практику корисних і необхідних для суспільства результатів.

Мета дослідження – це кінцевий результат, на досягнення якого воно спрямоване. Вона має адекватно відображатись у темі роботи, містити в узагальненому вигляді очікувані результати та наукові завдання.

Чітке формулювання конкретної мети – одна з найважливіших методологічних вимог до програми наукового дослідження. Мета дослідження полягає у вирішенні наукової проблеми шляхом удосконалення вибраної сфери діяльності конкретного об'єкта [4].

Мета конкретизується та розвивається у завданнях дослідження. **Завдання** повинні розглядатись як основні етапи наукового дослідження. Завдання підпорядковуються основній меті і спрямовані на послідовне її досягнення. Вони не можуть формулюватись як «вивчення», «ознайомлення», «дослідження» тощо, оскільки таким чином вказують не на результат наукової розробки, а на окремі технологічні процеси. Завдання дослідження визначають для того, щоб більш конкретно реалізувати його мету.

Завдання наукового дослідження, як правило, полягають у:

- вирішенні теоретичних питань, які пов'язані з проблемою дослідження (введення до наукового обігу нових понять, розкриття їх сутності і змісту; розроблення нових критеріїв і показників; розроблення принципів, умов і факторів застосування окремих методик і методів);

- виявленні, уточненні, поглибленні, методологічному обґрунтуванні суттєвості, природи, структури об'єкта, що вивчається; виявленні тенденцій і закономірностей процесів; аналізі реального стану предмета дослідження, динаміки, внутрішніх протиріч розвитку;

- виявленні шляхів та засобів удосконалення явища, процесу, що досліджується (практичні аспекти роботи); обґрунтуванні системи заходів, необхідних для вирішення прикладних завдань;

- експериментальній перевірці розроблених пропозицій щодо розв'язання проблеми, підготовці методичних рекомендацій для їх використання на практиці [5]. Отже, визначення мети і завдань дослідження – важливий етап розв'язання наукової проблеми.

Види типових завдань

Науковий напрям досліджень у будь-якій галузі виробництва визначається колом типових завдань, спрямованих на розвиток певної галузі.

Фізичне завдання – виявлення закономірностей механічних, електричних, хімічних, теплових явищ, що впливають на якість технологічних процесів, енерговитрати, матеріали.

Завдання з ідентифікації (опису) – математичний опис причинних зв'язків між вхідними, змінними і вихідними характеристиками різноманітних процесів.

Завдання з оптимізації – знаходження оптимального співвідношення вхідних змінних для забезпечення заданих вимог до процесу.

Пошукове завдання – знаходження найбільш ефективного шляху, що веде до задоволення вимог, які виникають.

Виробничі завдання – випробування нових конструкцій обладнання; знаходження оптимальних міжремонтних періодів під час експлуатації обладнання та ін.

Фундаментальні дослідження – спрямовані на розв'язання фізичних задач, які дозволяють відкрити нові явища і закономірності під час проведення досліджуваних процесів.

Пошукові дослідження – пошук шляхів створення нової технології й техніки та нових способів, запропонованих на основі фундаментальних досліджень.

Прикладні дослідження – розв'язують завдання ідентифікації та оптимізації й спрямовані на досягнення конкретної, раніше визначеної, практичної мети.

Промислові дослідження – виконуються безпосередньо на виробництві. Коли з числа наведених вище завдань визначено тип завдання науково-дослідної роботи, тоді можна ґрунтовно розробляти план послідовного виконання досліджень.

Послідовність та етапи виконання наукових досліджень

Початком наукового дослідження є докладний аналіз сучасного стану проблеми, яка розглядається. Він здійснюється на основі інформаційного пошуку з широким використанням ЕОМ. При цьому використовуються різні джерела інформації, які знаходяться в Україні, а також всесвітня комп'ютерна мережа Internet. На основі аналізу проблеми складаються огляди, реферати й експрес-інформації, дається класифікація основних напрямів і визначаються конкретні завдання дослідження. Далі здійснюється вибір методу дослідження з використанням критеріїв його оцінки, складається план-графік виконання робіт та розраховується очікуваний економічний ефект.

Власне виконання наукових досліджень полягає в розв'язанні поставлених на початку завдань. Найчастіше у фундаментальних і прикладних дослідженнях використовується математичне або фізичне моделювання, а також поєднання цих методів. *Математичне* моделювання включає в себе декілька послідовних кроків. Це складання математичної моделі досліджуваного процесу на основі зібраних даних або використання готової моделі досліджуваного процесу на основі зібраних даних, або використання готової моделі з корегуванням основних і допоміжних факторів, що в багатьох випадках дозволяє спростити та пришвидшити дослідження. Для зручності розв'язання поставленого завдання математичний опис явища виконується у безрозмірних одиницях на основі теорії подібності. Далі здійснюється вибір способу розв'язання завдання (аналітичний або наближений) з урахуванням декількох умов, а саме: необхідної точності; тривалості виконання; оптимальних матеріальних витрат. Оброблення результатів експерименту виконується за допомогою ЕОМ. На основі широкого застосування математичної теорії планування експерименту отримують результати у вигляді математичних рівнянь, будують графіки і номограми, які характеризують закономірності процесу, що досліджується.

Фізичне моделювання може здійснюватися на модельній (лабора-торній) або натурній установці. Для цього розробляються креслення установки, визначається діапазон основних параметрів, добирається вимірю-вальна апаратура, а також складається програма проведення досліджень. Експерименти можуть здійснюватись за класичною схемою (коли послідовно перебираються вибрані фактори) або з використанням математичної теорії планування експерименту. Після виконання програми досліджень проводиться перевірка правильності одержаних результатів, оброблення одержаних даних і отримання відповідних рівнянь та оцінюється помилка розрахунку за ними. Під час фізичного моделювання широко використовується ЕОМ – для керування експериментом і обробки його результатів.

Завершенням наукової розробки є аналіз отриманих результатів та їх оформлення. Виконується зіставлення результатів теорії та експерименту, дається аналіз їх можливих відмінностей. Складається звіт про проведені наукові дослідження, який оформляється за державним стандартом.

ТЕМА 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сутність експерименту, загальні вимоги до проведення

Однією з важливих складових наукових досліджень є **експеримент**. Термін «експеримент» походить від. лат. **experimentum** – спроба, дослід і вживається для позначення низки споріднених понять: *дослід, цілеспрямоване спостереження, відтворення об'єкта дослідження, організація особливих умов його існування, перевірка передбачень*. Поняття «експеримент» означає проведення у визначених умовах серії дослідів для спостереження за станом об'єкта дослідження, які дозволяють стежити за його змінами і відтворювати їх кожний раз під час повторення дослідів.

Основною **метою** експериментів є визначення властивостей об'єктів дослідження та перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке вивчення теми наукового дослідження.

Загальні вимоги до проведення експерименту

При проведенні експерименту потрібно дотримуватися таких загальних вимог:

- об'єкт дослідження повинен допускати можливість опису системи змінних, що визначають його функціонування;

- потрібно мати можливість проведення якісних та кількісних вимірів факторів, які впливають на об'єкт дослідження, зміну його стану або поведінки під час експерименту;

- опис об'єкта експериментального дослідження потрібно проводити в системі його складових;

- потрібне обов'язкове визначення та опис умов існування об'єкта дослідження (галузь, тип виробництва, умови праці тощо);

- потрібно мати чітко сформульовану експериментальну гіпотезу про наявність причинно-наслідкових зв'язків;

- необхідне предметне визначення понять сформульованої гіпотези експерименту;
- потрібне обґрунтоване виділення незалежної та залежної змінних;
- потрібний обов'язковий опис специфічних умов діяльності об'єкта дослідження (місце, час, соціально-економічна ситуація тощо) [14].

Класифікація експериментів

За призначенням об'єкта експерименту: *природничо-наукові, виробничі, педагогічні, соціологічні, економічні тощо.*

За характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження: *речовинні, енергетичні, інформаційні.*

– ***Речовинний експеримент*** передбачає вивчення впливу різних речовинних факторів на стан об'єкта дослідження, наприклад, вплив різних домішок на якість сталі.

– ***Енергетичний експеримент*** використовується для вивчення впливу різних видів енергії (електромагнітної, механічної, теплової тощо) на об'єкт дослідження.

– ***Інформаційний експеримент*** використовується для вивчення впливу інформації на об'єкт дослідження [8].

За характером об'єктів та явищ, що вивчаються в експерименті: *технологічні, соціометричні тощо.*

– ***Технологічний експеримент*** спрямований на вивчення елементів технологічного процесу (продукції, обладнання, діяльності робітників тощо) або процесу в цілому.

– ***Соціометричний експеримент*** використовується для вимірювання існуючих міжособистісних соціально-психологічних відносин у малих групах з метою їх подальшої зміни.

За структурою об'єктів та явищ, що вивчаються в експерименті: *прості та складні.*

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

– У ***складному експерименті*** вивчаються явища або об'єкти з розгалуженою структурою та великою кількістю взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують складні функції.

За способом формування умов проведення експерименту: *природні та штучні.*

Природні експерименти характерні для біологічних, соціальних, педагогічних, психологічних наук, наприклад, при вивченні соціальних явищ (соціальний експеримент) в обставинах, наприклад, виробництва, побуту тощо.

Штучні експерименти широко використовуються в багатьох природничо-наукових або технічних дослідженнях. У цьому випадку вивчаються явища, що ізольовані до потрібного стану, для того щоб оцінити їх в кількісному та якісному відношеннях [11].

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

– **Лабораторні дослід**и проводять з використанням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, обладнання тощо.

– **Натурний експеримент** проводиться в природних умовах та на реальних об'єктах. Залежно від місця проведення натурні експерименти поділяють на виробничі, польові, полігонні тощо.

Експерименти можуть бути **відкритими та закритими**. Такі типи експериментів значно поширені в психології, соціології, педагогіці. У відкритому експерименті його завдання відкрито пояснюються тим, хто досліджується, у закритому – для одержання об'єктивних даних завдання експерименту приховуються.

За характером взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження: звичайні та модельні.

Звичайний (класичний) експеримент включає експериментатора, об'єкт або предмет експериментального дослідження та засоби, за допомогою яких проводиться експеримент.

– **Модельний експеримент** базується на використанні як об'єкта, що досліджується, моделі, яка може не тільки замінювати в дослідженні реальний об'єкт, але і умови, в яких він вивчається.

За типом моделей, що досліджуються в експерименті: матеріальні та розумові.

– **Матеріальний експеримент** є формою об'єктивного матеріального зв'язку свідомості з зовнішнім світом. У матеріальному експерименті використовуються матеріальні об'єкти дослідження.

– **Розумовий (ідеалізований, уявний) експеримент** є однією з форм розумової діяльності суб'єкта, у процесі якої в його уяві відтворюється структура реального експерименту, тобто засобами розумового експерименту є розумові моделі (чуттєві образи, образно-знакові моделі, знакові моделі).

За величинами, що контролюються в експерименті: пасивні та активні.

– **Активним** називають експеримент, під час виконання якого дослідник може, за своїм бажанням, змінити рівень факторів і активно втручатись у процес дослідження. У цих умовах дослідник може планувати як однофакторний, так і багатофакторний експеримент. – **Пасивним** називають експеримент, яким неможливо керувати. Умови проведення такого експерименту змінюються без участі дослідника. Постановка такого експерименту є простою, але точність результатів набагато нижча порівняно з активним експериментом. Рекомендації, розроблені на основі пасивного експерименту, мають значення тільки для умов його проведення [19].

За способом формування умов – лабораторні, виробничі.

За метою дослідження – констатуючі, контролюючі, пошукові, вирішальні;

– **Перетворюючий (творчий) експеримент** включає активну зміну структури та функцій об'єкта дослідження у відповідності до висунутої

гіпотези, формування нових зв'язків та відносин між компонентами об'єкта або між досліджуваним об'єктом та іншими об'єктами.

– **Констатуючий експеримент** використовується для перевірки відповідних передбачень. У процесі такого експерименту констатується наявність визначеного зв'язку між впливом на об'єкт дослідження та результатом.

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

За характером взаємодії засобів дослідження з об'єктом дослідження – натуральні або змодельовані.

За типом моделей, які досліджуються в експерименті, – реальні або віртуальні (у думках та на ЕОМ).

За числом факторів, що варіюються в експерименті: однофакторні та багатофакторні [15].

Величини, що діють на об'єкт дослідження і здатні змінити його стан, називають **факторами**. Фактори бувають змінними, сталими і некерованими. *Змінним фактором* ($x_i, i=1, n$) називають контрольовану (вимірювану) змінну величину, що набуває на певний проміжок часу сталого значення. *Сталим* називають фактор, який не змінює свого значення протягом усього експерименту. Тобто, сталі фактори фіксуються на визначених рівнях, і вживаються заходи для того, щоб ці рівні практично залишались незмінними.

На об'єкт дослідження впливає низка факторів, які важко або взагалі неможливо врахувати. Такі фактори називають *некерованими*, або *збуреннями* ($w_i, i=1, m$). Дію цих факторів на об'єкт дослідження ще називають *рівнем шуму*. Наявність шуму під час експерименту знижує його точність, надійність та ускладнює аналіз отриманих результатів.

Зміна стану об'єкта дослідження, яка спричинена впливом змінних факторів, називається **вихідним параметром** ($y_i, i=1, k$). Таким чином, експериментом можна назвати сукупність дослідів, скерованих на вивчення залежності вихідного параметра від факторів, що діють на об'єкт. Частина експерименту, виконану при певному значенні одного або декількох факторів, називають **дослідом**.

Однофакторним називають експеримент, під час якого визначається вплив на об'єкт дослідження тільки одного змінного фактора. Саме класична методика експериментальних досліджень базується на серії однофакторних експериментів.

Спочатку вивчається залежність y_2 від x_2 при сталих значеннях $x_i, i=1, n$ та ін. При цьому отримують ряд емпіричних залежностей:

$$y_1=f(x_1) \text{ при } x_2, x_3, \dots, x_n=\text{const};$$

$$y_2=f(x_2) \text{ при } x_1, x_3, \dots, x_n=\text{const}; y_k=f(x_n) \text{ при } x_1, x_2, \dots, x_{n-1}=\text{const}.$$

Кожний фактор ($x_i, i=2, n$) змінюють ступнево на декількох (бажано не менше п'яти) рівнях.

Багатофакторним називають експеримент, під час якого на об'єкт дослідження одночасно діють декілька змінних факторів. Метод багатофакторного експерименту дає змогу отримати математичну модель процесу у вигляді рівняння, за яким оцінюють вплив на об'єкт дослідження як окремих факторів, так і їх взаємодію. Планування та оброблення отриманих результатів здійснюється за допомогою формалізованих методів, які будуть розглянуті далі.

Існують два види завдань, які вирішує основний експеримент: *інтерполяційні* та *оптимізаційні*. Розв'язання оптимізаційних задач полягає пошуку оптимальних умов перебігу процесу. Розв'язання інтерполяційних задач полягає у виявленні кількісних залежностей між різними факторами з метою математичного опису процесу.

До об'єкта дослідження ставляться такі вимоги:

- результати дослідів повинні відтворюватися; відхилення значень результатів дослідів, які здійснюються в однакових умовах через певний проміжок часу, не повинні перевищувати величини, визначеної методами математичної статистики;

- об'єкт дослідження має бути керованим, тобто повинна бути забезпечена можливість у кожному досліді обирати потрібні рівні факторів під час проведення активного експерименту.

Параметр оцінки – це результат досліду у відповідних умовах, або реакція об'єкта дослідження на дію факторів. До вихідних факторів висуваються такі вимоги:

- параметр оцінки повинен оцінюватись кількісно; множина значень, яких може набувати параметр оцінки, називається *областю визначення*;

- параметр оцінки повинен виражатись одним числом, без додаткових дій, вказівок;

- заданому набору факторів повинно відповідати тільки одне значення параметра; якщо під час повторення досліду в тих самих умовах величини параметра значно відрізняються (досліди не відтворюються), це означає, що не врахований якийсь важливий фактор або задане значення фактора змінюється у процесі дослідів;

- якщо параметром обрано декілька функціонально зв'язаних величин, перевагу доцільно надати тій, яку можна визначити з найбільшою точністю;

- параметр має бути універсальним для всебічної оцінки процесу; властивості універсальності мають комплексні параметри; технічні параметри в багатьох випадках є недостатньо універсальними;

- параметр бажано мати простим, який легко обчислюється і має фізичний зміст.

Після того, як обрано об'єкт дослідження і визначено вихідні параметри, необхідно розглянути всі існуючі фактори. Кожний фактор має свою сферу визначення. До факторів висуваються такі вимоги:

– для проведення активного експерименту фактори повинні бути керованими, тобто підпорядковуватись досліднику;

– у методиці необхідно визначити операційність факторів, тобто зазначити, як встановлюються рівні їх величини, чим регулюються, вимірюються і фіксуються; потрібно чітко знати розмірність усіх факторів і вихідного параметра;

– при визначенні величини фактора повинна забезпечуватись висока точність і відрізнятись на декілька порядків від інтервалу зміни його рівня.

До сукупності **факторів, що діють на об'єкт дослідження**, ставляться додаткові **вимоги**, а саме:

– фактори не повинні корелювати між собою, тобто при зміні одного фактора інший не повинен змінюватися; у випадку наявності кореляції в якості фактора можна приймати відношення двох факторів, логарифм їх відношення тощо;

– фактори повинні бути сумісними, тобто наявність одного з них не повинна виключати іншого [4, 14].

Після обрання об'єкта дослідження, параметра і факторів, а також визначення виду експерименту переходять до складання плану його виконання.

Ефективність наукових досліджень

Наука є найефективнішою сферою капіталовкладень. Досвід світової практики свідчить, що прибуток від капіталовкладень у неї становить 100–200% і є набагато вищим за прибуток будь-яких галузей. За даними зарубіжних економістів, на 1 долар витрат на науку прибуток на рік становить 4–7 доларів і більше. У нашій країні ефективність науки також дуже висока: на 1 грн. витрат на НДР і ДКР прибуток становить 3–8 грн. Однак щороку наука обходиться суспільству дедалі дорожче. На неї витрачають величезні суми. Тому перед економікою науки постає проблема систематичного зменшення народногосподарських витрат на дослідження з одночасним підвищенням ефекту від їх упровадження.

Основними видами ефективності наукових досліджень є: економічна ефективність – зростання національного доходу, підвищення продуктивності праці, якості продукції, зменшення витрат на наукові дослідження; зміцнення обороноздатності країни; соціально-економічна ефективність – ліквідація важкої праці, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, збереження та очищення довкілля; престиж вітчизняної науки.

Таким чином, під економічною ефективністю наукових досліджень у цілому розуміють зменшення витрат суспільної та живої праці на виробництво продукції в тій галузі, де впроваджуються закінчені науково-дослідні роботи та дослідно-конструкторські розробки (НДР і ДКР). Ефективність роботи наукового працівника оцінюють за допомогою різних критеріїв: публікаційного, економічного, новизни розробки, цитування робіт та ін. Публікаційний критерій характеризує загальну діяльність – сумарну кількість друкованих праць, загальний обсяг їх у друкованих листах, кількість монографій, підручників, навчальних посібників. Але цей критерій не завжди об'єктивно характеризує

ефективність наукового співробітника. Трапляються випадки, коли за меншої кількості друкованих робіт віддача значно більша, ніж від великої кількості дрібних робіт. Економічну оцінку роботи окремого науко-вого працівника застосовують вкрай рідко. Найчастіше як економічний критерій використовують показник продуктивності його праці. Критерій новизни НДР – це кількість авторських свідоцтв та патентів. Критерій цитування робіт ученого становить кількість посилань на його друковані праці. Це другорядний критерій. Ефективність роботи науково-дослідної групи або організації оцінюють зовсім інакше. У цьому випадку також існує кілька показників: середньорічна розробка НДР, кількість упроваджених тем, економічна ефективність від упровадження НДР і ДКР, загальний економічний ефект, кількість отриманих авторських свідоцтв і патентів, кількість проданих ліцензій, валютна виручка.

Середньорічну розробку НДР, ДКР визначають за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{C_0}{P} \quad (1)$$

де C_0 – загальна кошторисна вартість НДР і ДКР, тис. грн.;

P – середньоспискова кількість робітників основного та допоміжного персоналу відділу, кафедри, лабораторії, НДІ.

Зазвичай КП розраховують за рік, оскільки встановити кошторисні витрати НДР за місяць або квартал можна лише орієнтовно. Середньорічна розробка НДР і ДКР на одного працівника коливається від 3 до 7 тис. грн.

Критерій упровадження K_v закінчених тем встановлюють наприкінці календарного року простим підсумовуванням закінчених робіт t . Власне впровадження теми оцінюють ступенем завершення тематичного плану.

Відносний критерій впровадження закінчених тем:

$$K_v = \frac{m_v}{m} \quad (2)$$

де t – загальна кількість тем, що розробляються.

Існує ціла низка методик визначення економічної ефективності в різних галузях, але всі вони зводяться до того, що основною оцінкою реальної економічної ефективності НДР за рік може бути так званий коефіцієнт економічної ефективності, що розраховується за формулою:

$$K_E = \frac{E}{B} \quad (3)$$

де E , B – відповідно сума реального економічного ефекту від упровадження результатів НДР за рік і загальна сума витрат на НДР за рік, тис. грн.

Максимальний економічний ефект, який може бути досягнутий завдяки впровадженню результатів НДР у виробництво за розрахунковий період для запропонованого обсягу впровадження, називають економічним потенціалом НДР. Економічний ефект від упровадження – основний показник ефективності наукових досліджень – залежить від витрат на впровадження, обсягу впро-

вадження, термінів освоєння нової техніки і багатьох інших чинників. Ефект від упровадження розраховують за весь період, починаючи з початку розробки теми до отримання віддачі. Зазвичай тривалість такого періоду прикладних досліджень становить кілька років. Однак наприкінці його можна отримати повний народногосподарський ефект.

Рівень новизни прикладних досліджень і розробок колективу характеризують критерієм КА, тобто кількістю завершених робіт, за якими отримано авторські свідоцтва та патенти. Цей критерій характеризує абсолютну кількість свідоцтв і патентів. Об'єктивнішим критерієм є, наприклад, кількість свідоцтв і патентів, віднесених до певної кількості працівників певного колективу або до числа тем, які розробляє колектив і які підлягають оформленню свідоцтвами і патентами.

Якщо виконані колективом НДІ розробки продано за кордон, ефективність цих розробок оцінюють відносним показником

$$K_{\Pi} = \frac{D}{\sum Z} \quad (4)$$

де D – валютний дохід держави, тис. грн.;

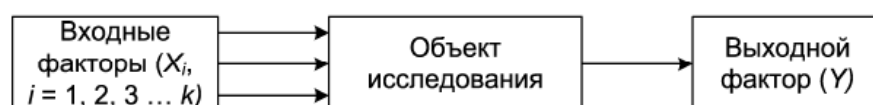
$\sum Z$ – сумарні витрати на проведення НДР і ДКР, оформлення та продаж ліцензій, виконання ліцензійних міждержавних віносин та ін.

Що вищі показники КП, Кв, КА, КЛ, то ефективніше НДР колективу. Найефективнішим критерієм економічної ефективності наукових досліджень є фактична економія від упровадження. Таким чином, однією з можливостей підвищення ефективності науки і науково-технічного прогресу є вдосконалення соціального, передусім економічного механізму, що сприяло б швидшому освоєнню наукових результатів виробництвом і суспільною практикою в цілому. Друга можливість підвищення ефективності науки лежить у сфері безпосередньої творчої діяльності дослідників і складається з підвищення методологічного рівня наукової роботи, висування нових, глибших ідей, освоєння перспективних методів досліджень. І нарешті, третя можливість перебуває у сфері управління науковим процесом в цілому і складається зі створення найсприятливіших умов для плідної праці всіх категорій працівників науки і за всім спектром сучасного наукового процесу.

ТЕМА 3. МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Багатофакторна лінійна регресія

Розглянемо основи побудови регресійних моделей для об'єкта з кількома вхідними змінними



Об'єкт дослідження з декількома вхідними факторами

Для побудови моделі необхідно мати дані експериментальних досліджень об'єкта, представлені у вигляді таблиці, де кожної комбінації значень вхідних факторів відповідає значення вихідного чинника. Дані експериментальних досліджень об'єкта

Номер експери- мента	X_1	X_2	...	X_k	Y
1	x_{11}	x_{21}	...	x_{k1}	y_1
2	x_{12}	x_{22}	...	x_{k2}	y_2
3	x_{13}	x_{23}	...	x_{k3}	y_3
...					
m	x_{1m}	x_{2m}	...	x_{km}	y_m

Моделювання об'єкта зі складним зовнішнім впливом у вигляді декількох вхідних факторів, так само як і для об'єкта з одним вхідним фактором, починається з лінійної моделі.

Якщо мати необмежено велику кількість експериментальних точок, то лінійна регресійна модель з декількома вхідними змінними має вид

$$\bar{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k \quad (1)$$

де x_1, x_2, x_3 і т. д. – значення вхідної перемінної;
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ – коефіцієнти регресії.

Наявні експериментальні дані у вигляді комбінацій ($x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, \dots, x_{ki}, y_i$) є лише обмеженою вибіркою із загального числа станів досліджуваного об'єкта. Тому можна визначити тільки оцінки коефіцієнтів $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$, які позначають, відповідно, $b_0, b_1,$

$$\bar{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_k x_k \quad (2)$$

Такі моделі в літературі часто називають багатфакторним моделями. Однак визначити коефіцієнти регресії ві так, як це робиться для однофакторний моделі - за методом найменших квадратів, в даному випадку не представляється можливим. Необхідно використовувати основи алгебри матриць і матричного числення.

Матричний підхід до визначення коефіцієнтів регресії

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & x_{31} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{k2} \\ 1 & x_{13} & x_{23} & x_{33} & \dots & x_{k3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{1m} & x_{2m} & x_{3m} & \dots & x_{km} \end{bmatrix}.$$

У матриці X всі елементи першого стовпчика дорівнюють одиниці. Будемо вважати це фіктивної вхідної змінної X_0 з постійним значенням.

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_m \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_k \end{bmatrix}.$$

Визначимо розмірність цих матриць :

- Y - вектор спостережень $(m \cdot 1)$;
- X - матриця незалежних змінних $(m (k + 1))$;
- Y - вектор коефіцієнтів регресії $((k + 1) \cdot 1)$.

Правила множення матриць і векторів вимагають, щоб вони були погодженими і мали відповідну розмірність [9, 12]. Нехай A - матриця розмірністю $(n \cdot p)$:

- на матрицю A тільки ліворуч може бути помножена матриця B розмірністю $(m \cdot n)$:

$$B \cdot A = (m \cdot n \cdot n \cdot p) = C(m \cdot p) \quad (3)$$

- на матрицю A тільки праворуч може бути помножена матриця D розмірності $(p \cdot q)$:

$$A \cdot C = (n \cdot p \cdot p \cdot q) = F(n \cdot q) \quad (4)$$

Отже, твір $B \cdot X$ не існує і множинна лінійна регресія може бути записана у вигляді

$$Y = X \cdot B \quad (5)$$

Використання апарату лінійної алгебри дозволяє отримати загальну формулу для визначення вектору, що містить коефіцієнти регресії [9]:

$$B = (X' \cdot X)^{-1} = X' \cdot Y \quad (6)$$

де $(X' \cdot X)^{-1}$ – зворотна матриця;
 X' - транспонована матриця.

Визначенням коефіцієнтів регресійної моделі побудова моделі не закінчується. Необхідно також визначити адекватність і точність пропонованої багатофакторної моделі.

Оцінка адекватності і точності багатофакторної лінійної моделі
 Адекватність моделі характеризує відповідність моделі експериментальним даним і статистичну значущість рівняння регресії. Адекватність регресійної моделі оцінюється коефіцієнтом *Фішера*

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (7)$$

Розрахункове значення коефіцієнта ($F_{\text{розр}}$) необхідно порівняти з табличним значенням ($F_{\text{табл}}(m, \alpha)$), де m - загальна кількість експериментальних спостережень,

α - рівень значущості. α - рівень значущості - вірогідність, з якою правильна гіпотеза про модель може бути знехтувана як неправильна. Зазвичай в моделюванні (і ми про це вже говорили) використовують значення $\alpha = 0,05$; $0,01$.

Проте для багатофакторних моделей табличне значення F - критерію залежить ще і від числа вхідних змінних [6].

Якщо $F_{\text{розр}} > F_{\text{табл}}$, то модель вважається адекватною, а регресія статистично значимою. Якщо $F_{\text{розр}} < F_{\text{табл}}$, то регресійна модель неадекватна і регресія статистично незначима.

Для оцінки точності регресійних моделей з декількома вхідними змінними використовується множинний коефіцієнт кореляції (R^2) [4], який визначається по формулі

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (8)$$

Ставлення R^2 характеризує тісноту зв'язку між вихідної змінної і вхідними змінними. Область визначення ставлення R^2 лежить в межах від 0 до 1. При $R^2 = 0$ вихідний чинник у лінійно покладом від вхідних факторів $x_1, x_2, \dots, x_k$ - можна сказати, що кореляційний зв'язок між вихідним чинником і вхідними чинниками відсутня.

При $R^2 = 1$ вихідний фактор у лінійно залежить від вхідних факторів $x_1, x_2, \dots, x_k$ - є в наявності сильний кореляційний зв'язок. Чим вище значення R^2 , тим тісніше зв'язок в моделі між вихідної змінної (фактором) і вхідними змінними (факторами), тим точніше, а отже, краще математична модель. Якщо модель має низьке значення R^2 , то вона має низьку точність оцінки і прогнози поведінки або властивостей об'єкта. Використовувати таку модель для дослідження, опису та передбачення об'єкта не рекомендується. З декількох моделей для дослідження вибирається та, у якої відношення R^2 має найбільше значення.

Лінійні регресійні моделі з декількома вхідними змінними Якщо в результаті розрахунку відношення R^2 множинна лінійна регресія визнана недостатньо точною, переходять до дослідження складніших моделей :

- полінома з однією незалежною змінною $y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$;
- полінома з декількома незалежними змінними $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2$;

- зворотній моделі $y = b_0 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_2} + \frac{b_3}{x_3} + \frac{b_4}{x_4}$

- комбінованої моделі $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 \sqrt{x} + b_3 \ln x + b_4 \exp(x)$

Линейные регрессионные модели с несколькими входными переменными

Дослідник сам може запропонувати вид багатфакторної моделі на основі аналізу апіорної інформації. Оцінка коефіцієнтів регресії, критерію адекватності моделі і множинного коефіцієнта кореляції здійснюється за формулами (10), (11), розглянутим раніше для «класичної» множинної регресії.

Нелінійні регресійні моделі з декількома входними змінними

Якщо в результаті побудови лінійних моделей жодна з них не була визнана досить точної, переходять до дослідження більш складних моделей. Будь-яку модель, в результаті перетворення, можна аналізувати методами лінійного регресійного аналізу.

Види перетворень для нелінійних моделей [12]:

- зворотне перетворення;
- логарифмічна перетворення;
- перетворення типу квадратного кореня.

Якщо за допомогою будь-яких перетворень нелінійна модель може бути приведена до вигляду множинної лінійної регресії, то вона називається нелінійної моделлю з «внутрішньої лінійністю» [11]. До таких моделей належать:

- ступенева (мультиплікативна) модель. $y = b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdot \dots \cdot x_k^{b_k}$.

Виконаємо перетворення: $\ln y = \ln b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + \dots + b_k \ln x_k$.

Введемо переобозначення: $\ln x_i = z_i, w = b_0^* + b_1 z_1 + b_2 z_2 + \dots + b_k z_k$.

Ця модель має вигляд багатфакторної лінійної регресії (див. формулу (1)), отже, статична модель може бути перетворена логарифмуванням до виду багатфакторної лінійної регресії. Це дозволяє використати для розрахунку коефіцієнтів регресії, критерію адекватності і множинного коефіцієнта кореляції формули, розглянуті вище. Після обчислень необхідно виконати потенціювання [11] і повернутися до початкового статичного виду моделі;

- експоненціальна модель $y = \exp(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_k x_k)$

Логарифмування також дозволяє перетворити експоненціальну модель до виду багатфакторної лінійної моделі і використати для її дослідження апарат лінійного регресійного аналізу;

- зворотна модель. $y = \frac{1}{b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k}$

Виконаємо перетворення: $\frac{1}{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$.

Зворотній модель також може бути перетворена до виду множинної лінійної регресії, що дозволяє використовувати для її дослідження апарат лінійного регресійного аналізу.

Якщо за допомогою будь-яких перетворень нелінійна модель не может бути приведена до вигляду множинної лінійної регресії, то вона називається нелінійної моделлю з «внутрішньої нелінійністю». Для дослідження цих моделей в математиці розроблений апарат нелінійного регресійного аналізу [12].

Крокові методи побудови регресійних моделей

На практиці при дослідженні об'єктів і побудові регресійних моделей з кількома вхідними змінними використовують крокові (ітераційні) методи, що дозволяють обґрунтовано включати в модель тільки найбільш впливові і значущі вхідні фактори. Найчастіше застосовують метод виключення змінних і метод включення змінних.

Метод виключення змінних складається з декількох етапів [12]:

- Етап 1: пропонується регресійна модель, що включає всі досліджувані вхідні змінні.
- Етап 2: розраховується приватний F-критерій Фішера для кожної вхідної змінної F_{Xi} і оцінюється статистична значимість кожної вхідної змінної аналогічно тому, як це виконується для моделі в цілому.
- Етап 3: встановлюється вхідні змінна з мінімальним значенням F_{Xi} .
- Етап 4: мінімальне значення F-критерію порівнюється з граничним значенням.

Якщо $F_{\min} > F_{\text{табл}}(m, \alpha)$, то відповідна вхідні змінна вважається статистично значущою і залишається в моделі. Отже, запропонована на етапі 1 модель статистично значуща, адекватна і може бути використана для дослідження об'єкта. Аналіз останніх вхідних змінних вже не проводиться. Далі розраховуються коефіцієнти регресії і множинний коефіцієнт кореляції.

Якщо $F_{\min} < F_{\text{табл}}$, то відповідна вхідні змінна статистично незначуща і повинна бути видалена з моделі як неадекватна. Слід пам'ятати, що для багатofакторних моделей табличне значення F-критерію залежить ще і від числа вхідних змінних [9, 12].

- Етап 5: після видалення статистично незначущою вхідної змінної для решти вхідних змінних знову перераховуються їх приватні F-критерії.
- Етап 6: знову встановлюється вхідні змінна (з решти) з мінімальним значенням F_{Xi} .
- Етап 7: етапи 4, 5, 6 повторюються до тих пір, поки в моделі не залишаться тільки статистично значущі змінні.

Якщо після виконання зазначених процедур в моделі не залишиться жодної статистично значущої змінної, то модель побудувати не можна. Швидше за все, причина в прорахунках, допущених при плануванні експерименту на основі аналізу апіорної інформації. В цьому випадку ледует знову уважно проаналізувати апіорну інформацію, заново спланувати і провести експеримент і обробити його результати.

Якщо в моделі залишаються вхідні змінні, то переходять до розрахунку коефіцієнтів регресії і оцінці точності моделі.

Метод включення змінних також складається з етапів:

- Етап 0: в «моделі» немає жодної вхідної змінної.
- Етап 1: розраховується кореляційна матриця (з приватних коефіцієнтів кореляції вхідних змінних один з одним і з вихідної змінної)

$$\begin{bmatrix} R_{1y} & R_{11} & R_{21} & R_{31} & \dots & R_{k1} \\ R_{2y} & R_{12} & R_{22} & R_{32} & \dots & R_{k2} \\ R_{3y} & R_{13} & R_{23} & R_{33} & \dots & R_{k3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{ky} & R_{1k} & R_{2k} & R_{3k} & \dots & R_{kk} \end{bmatrix},$$

(9)

де R_{ky} - приватний коефіцієнт кореляції k - й вхідної змінної і вихідний змінної.

R_{ij} - приватний коефіцієнт кореляції i - й і j - й вхідних змінних ($i = 1, k; j = 1, k; i \neq j$)

- Етап 2: обирається вхідна змінна з максимальним коефіцієнтом кореляції R_{1y} . Ця змінна першою вводиться в модель.

- Етап 3: визначається приватний F-критерій введеної вхідної змінної, який одночасно є критерієм адекватності всієї моделі.

Якщо $F_{розр} < F_{табл}$, то відповідна вхідна змінна статистично незначуща, тобто має бути видалена з моделі, а сама модель неадекватна. Решта вхідні змінні мають з вихідною змінною ще менш тісний кореляційний зв'язок. Отже, в даній ситуації модель побудувати неможливо.

Якщо $F_{розр} > F_{табл}(m, \alpha)$, то відповідна вхідна змінна вважається статистично значущою і залишається в моделі.

- Етап 4: кореляційна матриця перераховується без врахування впливу обраної вхідної змінної.

- Етап 5: з решти вхідних змінних вибирається змінна з максимальним коефіцієнтом кореляції R_{iy} . Ця змінна вводиться в модель наступної.

- Етап 6: визначається F-критерій нової моделі.

Якщо $F_{розр} < F_{табл}$, то знову введена в модель вхідна змінна статистично незначуща і повинна бути видалена з моделі як неадекватна. У моделі залишається одна вхідна змінна.

- Етап 7: процедури 4, 5, 6 повторюються до тих пір, поки не сформується остаточний вигляд моделі. Далі переходять до розрахунку коефіцієнтів регресії і оцінці точності моделі.

Порівнюючи дані методи, можна сказати наступне:

- Метод виключення вхідних змінних дає цілком задовільні результати при моделюванні.

- Метод включення вхідних змінних економічніший в обчислювальному аспекті.

Інтерпретація моделі

Після побудови регресійної моделі, оцінки її адекватності і точності, розрахунку коефіцієнтів регресії переходять до аналізу отриманих результатів. Цей етап називається інтерпретацією.

Інтерпретація - «переклад» результатів математичного опису досліджуваного об'єкта з мови математики на мову користувача (схеми, графіки, таблиці і т. д.).

На етапі інтерпретації оцінюється, наскільки результати (зокрема, модель) відповідають здоровому глузду і існуючій інформації про поведінку і властивості об'єкта. Інтерпретацію можна розглядати як етап, зворотний формалізації.

Позначимо основні кроки інтерпретації.

1. Аналіз значень коефіцієнтів регресії

Технологічні процеси в машинобудуванні не належать ні до області мікросвіту, ні до області макросвіту. Якщо значення коефіцієнта регресії підозріло великі чи малі, то це може бути наслідком помилки в розрахунках. Слід виконати перевірку отриманих результатів.

2. Аналіз знаків перед коефіцієнтами регресії

На цьому етапі встановлюється, якою мірою і як кожен вхідний фактор впливає на відгук об'єкта. Знаки коефіцієнтів регресії вказують на характер впливу вхідних факторів на вихідний фактор. Порівнюючи результати моделювання та апіорну інформацію про об'єкт, можна зробити висновок про придатність отриманої моделі для опису, пояснення і передбачення поведінки і властивостей об'єкта.

3. Аналіз розрахункових значень вихідних змінних (виконується графічно)

На цьому етапі аналізується, наскільки значення вихідного чинника, передбачені по обраній моделі, відрізняються від експериментальних даних. За результатами порівняння також можна зробити висновок про придатність отриманої моделі для опису, пояснення і передбачення поведінки і властивостей об'єкта.

Сучасне програмне забезпечення, яке застосовується для статистичного моделювання (STATISTICA, STATGRAPHICS, SPSS та ін.), дозволяє об'єднати зазначені етапи і виконати інтерпретацію моделі графоаналитическим способом, т. е. використовуючи широкі можливості побудови графіків і поверхонь відгуку.

Оптимізація моделі

Велика кількість завдань управління, планування і проектування пов'язано з проблемою оптимізації, зводиться до відшукування таких значень вхідних факторів, при яких критерій оптимізації досягає екстремуму [13].

Можна виділити два основні підходи до вирішення завдання оптимізації. Перший пов'язаний зі створенням теорії процесу і його детермінованою (Або аналітичної) моделі. В цьому випадку для вирішення завдання використовуються методи лінійного, нелінійного і динамічного програмування, принцип максимуму і т.д. [13-15]. Другий підхід - емпіричний і в даний час використовується значно частіше. З'явилися і емпіричні методи оптимізації - метод Бокса-Уїлсона і симплекс-планування.

При вирішенні задачі оптимізації необхідно вибрати метод пошуку оптимального рішення в залежності від особливостей досліджуваного об'єкта і застосувати його для отримання «найкращих» характеристик або варіантів поведінки об'єкта або впливу на нього. Якщо кількість вхідних факторів (k) дорівнює або більше 2, то графічним відображенням результатів моделювання

об'єкта є, відповідно, поверхня або гіперповерхність відгуку. Раніше ми вже говорили, що в цьому випадку вихідний фактор називається критерієм оптимізації.

Вирішуючи задачу пошуку екстремальних значень критерію оптимізації при побудові моделей, слід пам'ятати, що лінійні, статечні, експоненціальні, зворотні функції не мають екстремумів.

Отже, регресивні моделі на їх основі теж не матимуть екстремумів. Тому в даному випадку в якості моделей для опису об'єкта доцільніше використовувати поліноми парних ступенів.

Бокс і Уїлсон запропонували кроковий метод дослідження поверхні відгуку - метод крутого сходження (або метод найшвидшого спуску) [13-15], в основі якого лежить використання градієнта функції. Рух по градієнту забезпечує найкоротший шлях до оптимуму і дає можливість в складній багатofакторній ситуації вести пошук цілеспрямовано.

Градієнтом безперервної однозначної функції називається вектор

$$\text{grad } (y) = \frac{\partial y}{\partial x_1} \vec{i} + \frac{\partial y}{\partial x_2} \vec{j} + \frac{\partial y}{\partial x_3} \vec{k} + \dots$$

Градієнт завжди спрямований у бік збільшення функції. Отже, якщо переміщатися по градієнту, то можна досягти максимуму функції відгуку, а якщо рухатися в напрямку, протилежному градієнту, то мінімуму [13]. Сучасне програмне забезпечення, яке використовується для статистичного моделювання (STATISTICA, STATGRAPHICS і ін.), Дозволяє досліднику уникнути численних обчислювальних процедур, так як дає можливість графічно відображати результати пошуку екстремумів функції.

Якщо поставлене оптимізаційних задач не вдалося вирішити, то, швидше за все, слід перенести область проведення експерименту, спланувати і провести експеримент заново, побудувати нові регресійні моделі і спробувати визначити наявність екстремумів (можливо, локальних) критерію оптимізації і відповідних їм значень вхідних факторів.

ТЕМА 4 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОЇ РОБОТИ

Автор наукової праці може застосовувати декілька *методичних прийомів* викладення наукових матеріалів: **суворо послідовний; цілісний; вибіркове викладення.**

Суворо послідовне викладення матеріалу наукової праці вимагає від автора послідовного викладення матеріалів – поки автор не закінчить повністю розділ, він не може переходити до наступного. Цей прийом потребує порівняно багато часу.

Цілісний прийом потребує значно меншого часу на підготовку чистового (кінцевого) варіанта рукопису і пов'язаний з розробленням спочатку попереднього варіанта всього рукопису, а потім його обробкою шляхом внесення доповнень та виправлень.

Вибіркове викладення матеріалів в основному застосовується дослідниками-експериментаторами. Як тільки зібрані фактичні дані, автор починає обробку матеріалів у будь-якому зручному для нього порядку.

У науковій практиці найбільшого поширення набув цілісний прийом викладення наукових матеріалів.

На етапі роботи над рукописом вже з самого початку бажано виділяти *основні композиційні елементи*: вступ, основну частину, висновки та пропозиції; бібліографічний список використаних джерел; додатки.

Існують такі рекомендації щодо *підготовки наукової праці*:

- продумати основні питання, які потрібно викласти (у будь-якому порядку), записуючи всі думки;
- звести інформацію до однієї прийнятної системи і тільки після цього намагатися створювати добре побудовані речення з організацією їх у граматично оформлені абзаци;
- щоб підійти до роботи по-новому, доцільно відкласти роботу на декілька днів, а потім повернутися до неї знову;
- прочитати вголос те, що написано, оскільки сприйняття на слух часто дає можливість відчувати різницю між тим, що хотілося б сказати, і тим, що дійсно сказано.

Починати роботу над остаточним варіантом рукопису необхідно тоді, коли попередній варіант повністю готовий. На цьому етапі всі необхідні матеріали повинні бути зібрані та оброблені, висновки узагальнені та сформульовані. З цього моменту починається детальне «шліфування» тексту рукопису. Перевіряються і критично оцінюються висновки, формули, таблиці, речення, окремі слова. Автор перевіряє, наскільки заголовок його роботи та назви розділів і параграфів відповідають їх змісту, уточнює композицію наукового твору, розміщення матеріалів і їх рубрики. Бажано ще раз перевірити переконливість аргументів, захист наукових положень, тверджень.

Мова та стиль наукової роботи

Мова - це будь-яка знакова система, що виконує пізнавальну та комунікативну функції у процесі людської діяльності.

Не викликає сумнівів необхідність використання мови на теоретичному рівні наукових досліджень для формулювання гіпотез, законів, теоретичних тверджень дослідження і логічних висновків. Наукове спостереження, постановка та проведення експериментів також неможливі без мови, тому що з її допомогою фіксуються та описуються отримані результати.

Методологія науки розглядає мову як засіб вираження, фіксації, переробки, передачі та зберігання наукових знань, наукової інформації.

Стилістичні вимоги, що висуваються до наукової роботи, складаються з двох компонентів - вимог сучасної української літературної мови та вимог так званого академічного етикету.

Академічний етикет щодо тексту наукової роботи - це визначені принципи письмового спілкування членів наукового співавторства між собою.

Сукупність засобів, вибір яких зумовлюється змістом, метою та характером висловлювання утворює **мовний стиль**. Існують такі стилі мови: розмовний, художній, діловий, публіцистичний, науковий.

Розглянемо докладніше особливості **наукового стилю**.

Сфера застосування наукового стилю - наукова діяльність, освіта.

Основне призначення - повідомлення про результати досліджень, доведення теорій, обґрунтування гіпотез, класифікацій, роз'яснення сутності явищ, систематизація знань тощо.

Функціями наукового стилю є обслуговування потреб науки, навчання й освіти; пізнавально-інформативна та функція доказовості.

Науковий стиль відрізняється використанням спеціальних термінів, суворістю та діловитістю викладення.

Основною стильовою ознакою наукової мови є об'єктивність викладення, яка впливає зі специфіки наукового пізнання. Звідси й наявність у тексті наукових робіт вступних слів і словосполучень, які вказують на ступінь достовірності повідомлення. Завдяки таким словам той чи інший факт можна представити як достовірний («розуміється», «справді»), як передбачений («потрібно передбачити»), як можливий («можливо», «ймовірно»).

Текст поділяється послідовно на розділи, параграфи, пункти, підпункти. Переважають речення складної, але «правильної» побудови, часто ускладнені зворотами.

Стиль наукової роботи - це стиль безособового монологу, позбавленого емоційного та суб'єктивного забарвлення. Автор у роботі не повинен давати оцінку власним досягненням. Норми наукової комунікації суворо регламентують характер викладення наукової інформації. У зв'язку з цим автору наукової роботи слід намагатися застосовувати мовні конструкції, що виключають вживання особового займенника першої особи однини «я». На сьогодні стало неписаним правилом, коли автор роботи виступає в множині та замість «я» вживає займенник «ми», що дозволяє висловити свою думку як думку певної групи людей, наукової школи або наукового напрямку. І це цілком виправдано, оскільки сучасну науку характеризують такі тенденції, як інтеграція, колективна творчість, комплексний підхід до вирішення проблем.

Для того щоб урізноманітнити текст, конструкції із займенником «ми» можуть замінюватися невизначено-особовими реченнями, наприклад, «щодо питання визначення економічного потенціалу підприємства існують різні точки зору». Вживається також форма викладення від третьої особи (наприклад, «на думку автора...»). Аналогічні функції виконують речення пасивного стану (наприклад, «розроблено комплексний підхід...»).

Отже, у науковому тексті вся увага зосереджується на змісті та логічній послідовності повідомлення, а не на суб'єкті.

Найбільш характерною особливістю письмової наукової мови є побудова викладення у формі міркувань і доказів. Принципову роль у тексті відіграють наукові терміни, які потрібно вживати в їх точному значенні, вміло і доречно. Не можна довільно поєднувати в одному тексті різну термінологію.

Зважаючи на сувору послідовність наукової мови, необхідно відзначити, що логічна цілісність і взаємозв'язаність його частин вимагає широкого використання складних речень. Переважають складнопідрядні речення, оскільки вони більш гнучко відбивають логічні зв'язки всередині тексту. Окремі речення і частини складного синтаксичного цілого, як правило, дуже тісно пов'язані один з одним, кожен наступний базується на попередньому або є наступною ланкою у роздумах.

Обов'язковою умовою об'єктивності викладення матеріалу є необхідність посилання на джерело повідомлення, на того, ким повідомлена та чи інша думка, кому конкретно належить той чи інший вислів. У тексті цього можна досягти, використовуючи спеціальні вступні слова та словосполучення («на думку...», «за даними...», «на наш погляд...» тощо).

До якісних характеристик, які визначають культуру наукової мови, належать **чіткість, зрозумілість і стислість**.

Чіткість наукової мови зумовлюється не тільки цілеспрямованим вибором слів і висловів, але й вибором граматичних конструкцій, які передбачають чітке дотримання норм зв'язку слів у словосполученні.

Зрозумілість, тобто вміння писати доступно, є також необхідною якісною характеристикою наукової мови.

Стислість є обов'язковою якісною характеристикою наукової мови, яка визначає її культуру. Реалізація цієї якості означає вміння уникати повторів, надлишкової деталізації. Слова та словосполучення, які не несуть будь-якого змістовного навантаження, повинні бути виключені з тексту роботи.

Складання та оформлення звітів з НДР

Складання та оформлення звітів з науково-дослідної роботи проводиться у відповідності до вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Цей стандарт поширюється на звіти про роботи (дослідження, розроблення) або окремі етапи робіт, що виконуються у сфері науки і техніки.

Стандарт установлює загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення звітів про будь-які науково-дослідні, дослідно-конструкторські і дослідно-технологічні роботи. Стандарт може бути застосований також до таких документів, як дисертації, річні звіти, посібники тощо.

Згідно зі стандартом звіт з НДР умовно поділяється на такі структурні одиниці: **вступну частину; основну частину; додатки**.

Вступна частина містить такі структурні елементи: *титольний аркуш; список авторів; реферат; зміст; перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів; передмову*.

Основна частина містить такі структурні елементи: *вступ; суть звіту; висновки; рекомендації; перелік посилань*.

Додатки розміщують після основної частини звіту.

наукових досліджень є обговорення їх на семінарах, конференціях, оприлюднення та експериментальне впровадження.

Колективне обговорення роботи звичайно проводиться в колективі, де виконувалась НДР, - на засіданнях кафедри, лабораторії, відділу, науково-

технічної ради залежно від особливостей теми (ступеня її новизни, складності, комплексності та значущості).

До участі в обговоренні бажано залучати провідних спеціалістів, які є знавцями в питаннях, що обговорюються. Учасників обговорення потрібно попередньо ознайомити з планом, основними положеннями теми, висновками та рекомендаціями.

Усне повідомлення без попереднього ознайомлення учасників обговорення з основними матеріалами є малоефективним.

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

Наукові семінари. Науковий семінар є специфічною формою колективного обговорення наукових проблем, яка забезпечує умови для розвитку мислення через дискусію. Керує науковим семінаром провідний вчений, який активно і плідно працює в галузі науки.

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

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

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

Впровадження результатів наукових досліджень

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

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

Необхідно відмітити, що НДР перетворюється в продукт лише з моменту її споживання замовником. Отже, впровадження завершених наукових досліджень полягає в передачі наукових результатів у практичне використання.

Основними **результатами наукових досліджень** є такі:

- *теоретичні результати* (визначення/уточнення термінології, виявлення властивостей об'єктів, що досліджувались, закономірностей їх взаємодії з іншими явищами тощо);
- *методологічні або методичні результати* (розроблення методик обліку, аналізу, контролю, оцінки об'єктів, що досліджувались, а також методики з організації та управління тощо);
- *прикладні (практичні) результати* (застосування розроблених класифікацій, методик, алгоритмів і т. ін. в процесі обліку, аналізу, контролю, оцінки, організації, управління діяльністю окремої організації, підприємства, групи підприємств, галузі тощо).

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

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

Як би ретельно не проводились НДР у науково-дослідних організаціях, вони не можуть урахувати різні, часто випадкові фактори, що діють в умовах виробництва. Тому наукове розроблення на першій стадії впровадження потребує дослідної перевірки у виробничих умовах.

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

Після впровадження досягнень науки у виробництво складають пояснювальну записку, до якої додають акти впровадження та експлуатаційних випробувань, розрахунок економічної ефективності, довідки про річний обсяг впровадження для включення економії, що буде отримана, в план зниження собівартості, протокол часткової участі організацій у розробленні та впровадженні, розрахунок фонду заробітної плати та інші документи.

Впровадження результатів НДР фінансують організації, які його здійснюють.

Наукова діяльність має багатоаспектний характер, і її результати, як правило, можуть використовуватися у багатьох сферах економіки протягом тривалого часу.

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

Критеріями ефективності наукових досліджень є такі:

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

Під **економічною ефективністю наукових досліджень** у цілому розуміють зниження витрат суспільної та живої праці на виробництво продукції в галузі, де впроваджені закінчені науково-дослідні роботи та дослідно-конструкторські розробки (НДР та ДКР).

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

Ефективність роботи науково-дослідної групи або організації оцінюють за кількома критеріями: середньорічним виробітком НДР (ДКР); кількістю впроваджених тем; економічною ефективністю від впровадження НДР (ДКР); загальним економічним ефектом; кількістю одержаних авторських свідоцтв та патентів на винаходи; кількістю проданих ліцензій або валютною виручкою.

Середньорічний виробіток НДР (ДКР) визначають за формулою

$$K_{\text{вироб}} = \frac{B_{\text{кошт}}}{P}; \quad (1)$$

де $B_{\text{кошт}}$ – загальна кошторисна вартість НДР та ДКР, тис. грн;

P – середньоспискова чисельність робітників основного та підсобного персоналу відділу, кафедри, лабораторії, НДІ, осіб.

Критерій впровадження K_e закінчених тем дорівнює

$$K_{\text{впр}} = \frac{m_{\text{впр}}}{m}; \quad (2)$$

де $m_{\text{впр}}$ - кількість закінчених НДР, одиниць;

m – загальна кількість НДР, одиниць.

Економічну ефективність K_{ef} визначають за формулою

$$K_{ef} = \frac{E}{B}; \quad (3)$$

де E – ефект від впровадження теми, тис. грн;

B – витрати на виконання та впровадження теми, тис. грн.

Економічний ефект від впровадження – основний показник ефективності наукових досліджень. Ефект від впровадження розраховують за весь період, починаючи від часу розроблення теми до одержання віддачі. Звичайно час такого періоду становить кілька років.

Рівень новизни прикладних досліджень та розробок характеризується **критерієм новизни $K_{нов}$** , тобто числом завершених робіт, за якими одержані авторські свідоцтва та патенти на винаходи. Критерій новизни вимірюється абсолютним числом авторських свідоцтв і патентів. Разом з тим більш об'єктивними є відносні показники, наприклад, кількість авторських свідоцтв і патентів, що віднесена до визначеної кількості робітників даного колективу (до 100 або до 1000) або до числа тем, що розробляються колективом і за якими потрібно оформлювати авторські свідоцтва та патенти.

Якщо колектив НДІ виконав розробки та здійснено їх продаж за кордон, то ефективність таких розробок можна оцінити за кількістю проданих за кордон ліцензій або **показником, що характеризує валютну виручку $K_{вал}$** продажу

$$K_{вал} = \frac{D}{\sum B}, \quad (4)$$

де D - величина валютного доходу, тис. грн;

$\sum B$ - сумарні витрати на проведення НДР та ДКР, на оформлення та продаж ліцензій, на виконання міждержавних ліцензійних відносин тощо.

Чим вищі показники $K_{вироб}$, K_v , K_{ef} , $K_{нов}$, $K_{вал}$, тим ефективніша НДР колективу.

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

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

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

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

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

ТЕМА 5 АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Є обговорення їх на семінарах, конференціях, оприлюднення та експериментальне впровадження.

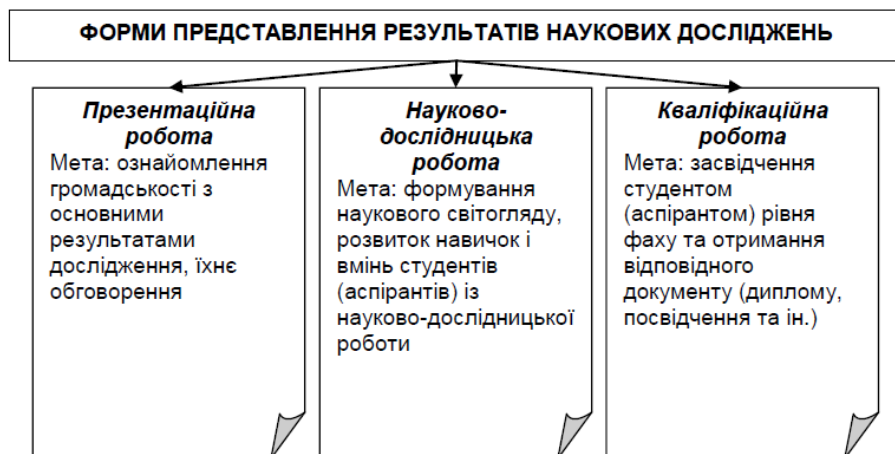


Рис. 1. Форми представлення результатів наукових досліджень

Колективне обговорення роботи звичайно проводиться в колективі, де виконувалась НДР, на засіданнях кафедри, лабораторії, відділу, науково-технічної ради залежно від особливостей теми (ступеня її новизни, складності, комплексності та значущості). До участі в обговоренні бажано залучати провідних спеціалістів, які є знавцями в питаннях, що обговорюються. Учасників обговорення потрібно попередньо ознайомити з планом, основними положеннями теми, висновками та рекомендаціями.

Усне повідомлення без попереднього ознайомлення учасників обговорення з основними матеріалами є малоефективним.

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

Науковий семінар є специфічною формою колективного обговорення наукових проблем, яка забезпечує умови для розвитку мислення через дискусію. Керує науковим семінаром провідний вчений, який активно і плідно працює в галузі науки. Традиційно на розгляд учасників наукового семінару виносять одну або декілька доповідей, для чого заздалегідь призначають доповідачів. У процесі обговорення доповіді доцільно призначати двох опонентів з учасників семінару. Опоненти попередньо ознайомлюються з доповіддю, вивчають літературу за темою доповіді і дають розгорнуту аргументовану оцінку при обговоренні.

Під **конференцією** розуміють збори, наради представників наукових, громадських та інших організацій для обговорення і розв'язання певних питань.

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

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

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

Оприлюднення результатів наукових досліджень може здійснюватись у формі: публікації статей у фахових виданнях, тез виступів на конференціях, семінарах, симпозіумах, нарадах, круглих столах тощо, опублікування наукової монографії.

Особливою формою оприлюднення є автореферати кандидатських і докторських дисертацій.

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

Тези доповіді – це опубліковані до початку конференції матеріали, в яких викладено основні аспекти наукової доповіді. Рекомендований обсяг тез наукової доповіді становить 2-3 сторінки машинописного тексту через 1,5-2 інтервали. Суть тез доцільно викладати в такій послідовності:

- актуальність проблеми;
- стан розробки теми;
- наявність проблемної ситуації;

- основна ідея, положення, висновки дослідження, методи її досягнення;
- основні результати дослідження, їхнє значення.

Посилання на джерела, цитати в тезах доповіді робляться рідко. Формулювання кожної тези починається з нового рядка. Кожна теза містить самостійну думку, що висловлюється в одному або кількох реченнях.

Наукова доповідь – це публічне повідомлення, розгорнутий виклад певної наукової проблеми з висновками і пропозиціями. Структура тексту доповіді практично аналогічна плану статті й може складатися із вступу, основної й підсумкової частини.

Існують два методи написання доповіді. Перший полягає в тому, що дослідник спочатку готує тези свого виступу, на основі тез пише доповідь, редагує її й готує до виступу чи статті. Другий, навпаки, передбачає спочатку повне написання доповіді, а потім у скороченому вигляді – для ознайомлення з нею аудиторії. Вибір способу підготовки доповіді залежить від змісту матеріалу та індивідуальних особливостей науковця.

При написанні доповіді слід мати на увазі те, що 10 хвилин людина може прочитати матеріал, надрукований на чотирьох сторінках машинописного тексту (через два інтервали). Обсяг доповіді становить 8-12 сторінок (до 30 хвилин). Доповідь на 4-6 сторінок називається повідомленням.

Мультимедійна презентація – інструмент, що дозволяє передавати інформацію у візуалізованому, схематичному вигляді, що підвищує її цінність.

Відповідно до призначення презентації можна виокремити:

- презентації для підтримки виступу на певному заході, науковій конференції, науково-практичному семінарі. Такі презентації мають бути корпоративними, містити візуалізовані матеріали та мінімум тексту (текстова інформація озвучується доповідачем).

- навчальні презентації для проведення заняття. Такі презентації мають мати сценарій і структуру відповідно до запланованого заняття для повної реалізації освітніх цілей.

Бути інтерактивними, передбачати зворотній зв'язок з аудиторією, мультимедійними.

1. Загальні вимоги до оформлення презентацій:

- Наявність титульного слайду, створеного на основі затвердженого корпоративного шаблону.

- Наявність окремих слайдів для переходу до певного розділу виступу / лекції.

- Дотримання єдиного стилю оформлення усіх слайдів.

- Дотримання прийнятих правил орфографії, пунктуації, скорочень і правил оформлення тексту (відсутність точки в заголовках і т.д.).

- Перелік використаних джерел (на останньому слайді).

2. Вимоги до дизайну презентацій:

- Використання корпоративних шаблонів, стилів оформлення із зазначенням теми виступу/лекції, ПІБ доповідача, посади.

- Наявність на всіх слайдах логотипу Університету.

- Використання не більше трьох кольорів на одному слайді (один для фону, другий для заголовків, третій для тексту).
- При виборі кольору тексту та заливки діаграм дотримуватись правила 3-х кольорів – використовувати три основні кольори та їх відтінки.
- Уникати зміни фону слайдів (у виключних випадках, використовувати комфортні тони).
- Фон має бути елементом заднього (другого) плану (виділяти, відтіняти, підкреслювати інформацію, розміщену на слайді, а не затуляти її).

3. Вимоги до вмісту слайдів презентацій:

- На слайді бажано подавати: одне ключове поняття 7-8 рядків тексту, одну діаграму з аналітичним коментарем, одну схему SmartArt
- Зміст презентації має відповідати дидактичним цілям та завданням.
- Розташування інформації на слайді – переважно горизонтальне, зверху вниз по головній діагоналі; найбільш важлива інформація має розташовуватися в центрі екрану; якщо на слайді картинка – напис розміщується під нею.

4. Вимоги до тексту

- Стислість і лаконічність викладу, максимальна інформативність тексту.
- Для подання текстового матеріалу використовувати шрифт з розміром – 20 пт, мінімально і лише у виключних випадках – 14 пт.
- Використовувати шрифти без зарубок і не більше 1-2-х варіантів шрифтів. – Довжина рядка не більше 36 знаків.
- Відстань між рядками рекомендована усередині абзацу 1,5, а між абзаців – 2 інтервали
- Форматувати текст по ширині, не допускати «рваних» країв тексту. – Підкреслення використовується лише в гіперпосиланнях.

5. Вимоги до візуального і анімаційного ряду

- Матеріал має бути переважно структурований у схемах та організаційних діаграмах.
- Матеріал за потреби підкріплювати доречними графічними зображеннями та відео-фрагментами.
- Цифрові дані краще представляти у вигляді таблиць та діаграм, витриманих у стриманих кольорах.
- Давати посилання на мультимедійний зміст і хмарні дані через функцію гіперпосилання.
- Якість зображення (контраст зображення по відношенню до фону; відсутність «зайвих» деталей на фотографії або картинці, яскравість і контрастність зображення). – Якість музичного ряду (ненав'язливість музики, відсутність сторонніх шумів).
- Ефекти анімації застосовувати для акцентування уваги на визначених моментах, поетапного виведення вмісту слайду на екран, для демонстрації руху або послідовності дій.

Написання звіту про проведене дослідження. Результати наукового дослідження узагальнюються з метою перетворення їх у джерело інформації. Формою узагальнення результатів дослідження може бути усний виклад або друкована праця.

Усний виклад являє собою повідомлення або виступ перед аудиторією. **Друкованою працею** може бути реферат, стаття, науковий звіт, дисертація, монографія. За результатами дослідження його автори також можуть підготувати до друку навчальний чи методичний посібник.

Усний виклад. З усним викладом науковець може виступити на науковій нараді, семінарі, конференції, симпозіуми та ін. Зазвичай, час виступу обмежений. Тому повідомлення, а тим більше доповідь, повинні бути стислими, конкретними, чіткими і якнайповніше відображати суть виступу.

Для досягнення цього виступ доцільно будувати за такою схемою:

Вихідні позиції. Показується, яку наукову концепцію покладено в основу наукового дослідження. Коротко дається виклад стану досліджуваної проблеми, обґрунтовується вибір теми дослідження і її актуальність.

Гіпотеза, завдання і мета дослідження.

Методи дослідження. Показується, які методи було обрано для вирішення конкретних завдань дослідження.

Основні аргументовані результати дослідження. Дається виклад основних кількісних результатів дослідження, аргументується їх достовірність, наводиться коротка інтерпретація і обґрунтованість цих результатів.

Висновки та пропозиції. Наводяться основні висновки з результатів дослідження і висуваються пропозиції щодо вдосконалення об'єкта дослідження.

Теоретична і практична значимість дослідження та його новизна. Показується, що нового вносять результати дослідження у наукову галузь, до якого воно відноситься, яку практичну цінність мають ці результати, які невідомі раніше науці факти відкриті у процесі дослідження.

Упровадження результатів дослідження у практику. Дається виклад того, як результати дослідження відображено у публікаціях, які доповіді зроблено на нарадах, семінарах, конференціях.

Перспективи дослідження. Відкриваються перспективи подальших досліджень у даній роботі.

Слід підкреслити, що усний виступ повинен розкривати тільки основну ідею проведеного дослідження і ні в якому разі не деталізувати окремі його положення. Для цього дослідник повинен глибоко усвідомлювати одержані результати, знайти найдоцільнішу форму їх викладу, глибоко аргументувати і обґрунтувати їх як фактичним матеріалом, так і логічними міркуваннями. Головним у науковому виступі повинна бути його змістовність і наукова аргументація. Зайві слова, маловідомі терміни тільки знижують якість повідомлення чи виступу.

При написанні доповіді треба врахувати, що значна частина матеріалу може бути викладена на плакатах (слайдах). На плакатах звичайно подають: статистичні матеріали, графічну інтерпретацію взаємозв'язків між елементами

якоїсь системи, структуру системи, алгоритми, схему експерименту, виявлені залежності у табличній або графічній формі та ін. Тому в доповіді викладають коментарі (але не повторення!) до ілюстративного матеріалу. Це дає змогу на 230% скоротити її. Слід також мати на увазі, що за 10 хвилин людина може прочитати матеріал, розміщений на 4 сторінках машинописного тексту (через два інтервали), тому обсяг доповіді звичайно є меншим від обсягу статті. Крім того, доповідач повинен реагувати на попередні виступи за темою його доповіді. Полемічний характер доповіді викликає інтерес слухачів і підвищує їхню активність. Часто виступу учасників наукових зібрань публікують у вигляді **тез доповідей**. Обсяг тез доповіді зазвичай не перевищує 1-2 друкованих сторінок тексту. Тому тези доповіді повинні відобразити тільки головні думки виступу.

Реферат є одним з найпростіших форм узагальнення результатів дослідження у письмовій формі. Рефератом називають короткий і стислий виклад основних положень дослідження. У рефераті найчастіше розкривається теоретичне і практичне значення досліджуваної теми, аналізуються наявні публікації з даної теми, робиться оцінка і формулюються висновки щодо проаналізованого наукового матеріалу. Реферат повинен відобразити ерудицію його автора, вміння самостійно проаналізувати, систематизувати й узагальнити існуючу наукову інформацію.

Реферат, зроблений автором своєї наукової праці, називають **авторефератом** (наприклад, автореферат дисертації).

Наукова стаття вважається найпоширенішою формою друкованої продукції дослідника.

Статті публікуються у наукових журналах, наукових або науково-методичних збірниках. Обсяг статті зазвичай сягає 10-12 сторінок друкованого тексту. Текст статті доповнюється ілюстративними матеріалами - таблицями, графіками, діаграмами, рисунками тощо.

Для майбутнього вченого важливо оволодіти технікою написання статей і підготовки доповідей на конференціях не тільки з точки зору задоволення вимог щодо кількості та рівня публікацій, а й з позицій сприйняття їх слухачами та читачами. Це зобов'язує до певної логіки побудови доповіді чи статті, високої вимогливості до їх форми, стилю і мови.

Опублікувати статтю - це означає зробити даний матеріал надбанням фахівців для використання в їхній роботі. Отже, треба писати просто і зрозуміло. Слід уникати як передчасних публікацій, так і зволікання з публікаціями. У Фарадея був девіз: *to work, to finish, to publish*, тобто працюй, закінчуй, оприлюднюй, бо це надає пріоритет в авторстві і практично необмежену аудиторію.

Зазвичай, перед написанням статті треба скласти її план, який найчастіше включає:

- 1) вступ - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями (5-10 рядків);

2) останні дослідження і публікації, на які спирається автор, виділення невирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується дана стаття (звичайно ця частина статі складає близько 1/3 сторінки); її можна назвати "вихідні передумови";

3) формулювання цілей статті (постановка завдання); цей розділ вельми важливий, бо з нього читач визначає корисність для себе даної статті; мета статті впливає з постановки загальної проблеми і огляду раніше виконаних досліджень, тобто дана стаття має на меті ліквідувати якісь "білі плями" у загальній проблемі (обсяг цієї частини статті 5-10 рядків);

4) виклад власне матеріалу дослідження. Невеликий обсяг статті вимагає виділення головного у матеріалах дослідження; іноді можна обмежитися тільки формулюванням мети досліджень, коротким згадуванням про метод вирішення задачі і викладом отриманих результатів; якщо на обсяг статті немає суворих обмежень, то доцільно описати методику дослідження повніше;

5) у закінченні наводяться висновки з даного дослідження і коротко подаються перспективи подальших розвідок у цьому напрямку.

Деякі журнали для авторів публікують навіть вимоги до структури статей.

Виклад змісту статті повинен бути систематичним і послідовним, відповідати науковому стилю (зрозумілість і виразність викладу, відповідність термінів їх суті, чітке дотримання наукової термінології, лаконізм, послідовність викладу позицій, логічність, взаємозв'язок положень, виразність мови).

Думки автора статті повинні бути зрозумілими, точними і короткими. Особлива увага повинна бути приділена синтаксису і редакції тексту. Зовсім помилково вважати, що тільки складна лексика і часте вживання запозичених слів надає статті науковості.

Для наукового стилю недоречні пишномовні вислови, надмірні підкреслювання дрібниць.

Кожне речення наукової статті повинне мати конкретний зміст - голослів'я далеке від наукового стилю.

Особливого значення у науковій статті набуває виклад наукових висновків і пропозицій.

Заклучна частина статті повинна бути занадто чіткою, стислою, науково підкреслювати суттєві аспекти результатів дослідження і розкривати шляхи їх практичної реалізації.

У науково-методичній статті головними є методичні поради з якогось конкретного питання.

Фактичний матеріал, одержаний на основі дослідження, у такій статті носить ілюстративний характер.

Науковий звіт являє собою документ, у якому містяться вичерпні відомості про виконане дослідження. Будь-який науковий звіт повинен відповідати певним вимогам, до яких відносять: чіткість побудови; логічність побудови викладу матеріалу; переконлива аргументація; стислість і точність формулювань; конкретність і доказовість викладу результатів дослідження; обґрунтованість пропонованих рекомендацій.

Конкретний зміст звіту залежить від галузі науки, у якій проводилось дослідження, та від мети і завдань самого дослідження. Але узагальнена структура наукового звіту повинна включати такі складові частини: титульну сторінку встановленого зразка, список виконавців проведеного дослідження; реферат, зміст, основну частину (виклад результатів дослідження), список літератури і додатки. При необхідності додається також перелік скорочень, символів і спеціальних термінів з їх визначеннями.

Дисертація (від латинського - розвідка, дослідження) являє собою кваліфікаційну наукову працю, виконану особисто здобувачем наукового ступеня у вигляді спеціально підготовленого рукопису. Вона містить висунуті автором для прилюдного захисту науково обґрунтовані теоретичні або експериментальні результати, наукові положення, а також характеризується єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувача в науку.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук повинна відображати проведені автором дослідження, що відповідають одній з таких вимог:

отримання нових науково обґрунтованих результатів, які в сукупності вирішують конкретне наукове завдання, що має суттєве значення для певної галузі науки;

отримання нових науково обґрунтованих теоретичних або експериментальних результатів, які в сукупності є суттєвими для розвитку конкретного напрямку певної галузі науки.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора наук повинна відображати проведені автором дослідження, що відповідають одній з таких вимог:

отримання нових науково обґрунтованих результатів у певній галузі науки, які в сукупності розв'язують важливу наукову проблему;

здійснення нових науково обґрунтованих розроблень в певній галузі науки, які забезпечують розв'язання значної прикладної проблеми.

Дисертація повинна відобразити загальну наукову ерудицію дослідника, його знання теорії та історії досліджуваної проблеми, його особистий внесок у науку, його якості як вченого.

Дисертацію можна визнати як спеціальну форму наукового звіту. Тому в цілому дисертація повинна відповідати загальним вимогам до наукового звіту і складатись із вступу, розділів, у яких розкривається зміст дисертаційного дослідження, висновків, списку використаної літератури і додатків. Обсяг дисертації, так само як і вимоги до її оформлення визначаються діючими в Україні положеннями "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого наукового звання старшого наукового співробітника".

Монографія - ґрунтовна друкована наукова праця, у якій один досліджуваний предмет, процес або явище розглядаються досить різнобічно і разом з тим цілісно і поглиблено. Авторство монографії може належати одній особі або колективу дослідників.

У монографії завжди розкривається стан досліджуваної проблеми, дається аналіз того, як вона вирішується на момент початку проведення дослідження.

Далі розкривається сутність теоретичних і практичних ідей авторів дослідження, дається виклад методики дослідження, наводяться результати експериментальних досліджень. Результати дослідження докладно систематизуються і теоретично аналізуються. На основі цього робляться аргументовані висновки і наводяться обґрунтовані рекомендації щодо практичної реалізації одержаних у процесі дослідження результатів. У кінці наводять список використаних літературних джерел. У закінченому вигляді монографія являє собою наукову книгу.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Важинський С.Е., Щербак Т.І. Методика та організація наукових досліджень: Навч. посіб. / С.Е. Важинський, Т.І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2016. – 260 с.
2. Крушельницька В. О. Методологія та організація наукових досліджень: Навч. посіб. – К. : Кондор, 2003. – 192 с.
3. П'ятницька-Позднякова І. С. Основи наукових досліджень у вищій школі: Навч. посібник. – К., 2003. – 116 с.
4. Основи наукових досліджень у схемах і таблицях : навч. посіб. / О. П. Кириленко, В. В. Письменний. – Тернопіль : ТНЕУ, 2013. – 228 с.
5. Сисоєва С. О., Кристопчук Т. Є. Методологія науково-педагогічних досліджень: Підручник / С. О. Сисоєва, Т. Є. Кристопчук. – Рівне : Волинські обереги, 2013. – 360 с.
6. . Стеченко Д. М., Чмир О. С. Методологія наукових досліджень. – К. : Знання, 2007. – 317 с.
7. Приклади оформлення бібліографічного опису у списку джерел, який наводять у дисертації, і списку опублікованих робіт, який наводять в авторефераті // Бюлетень ВАК України. Спецвипуск. – 2000. – № 2. – С. 39–40.
8. Романюк М. М. Загальна і спеціальна бібліографія: Навчальний посібник. – 2-ге вид. – Львів : Світ, 2003. – 96 с.
9. Наринян А. Р., Поздеев В. А. Основы научных исследований: учеб. пос. / Европейский ун-т. – К. : Изд-во Европейского ун-та, 2002. – 109 с.
10. Кислий В. М. Організація наукових досліджень: навчальний посібник / В. М. Кислий. – Суми : Університетська книга, 2011. – 224 с.
11. Горбунова В. В. Експериментальна психологія в схемах і таблицях: Навчальний посібник. – К. : «ВД «Професіонал», 2007. – 208 с.
12. Сидоренко В. К., Дмитренко П. В. Основи наукових досліджень. – К., 2000. – 208 с.
13. Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология научного исследования. – М. : Либроком. – 280 с.
14. Максименко С. Д., Носенко Е. Л. Експериментальна психологія. Підручник. – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 360 с.
15. Константинов В. В. Экспериментальная психология. Курс для практического психолога. – СПб. : Питер, 2006. – 272 с.
16. Інтернет ресурс <http://kukh.ho.ua/kurs/MND/MND/Page%2010.html>
17. Інтернет ресурс <https://www.google.com/search>
18. Бірта Г. О. Методологія і організація наукових досліджень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Г. О. Бірта, Ю. Г. Бургу ; М - во освіти і науки України, Вищ. навч. закл. Укрспілки "Полтав. ун-т економіки і торгівлі". - Київ: ЦУЛ, 2014. - 141 с.
19. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: перевод с английского 3-е изд. Москва: Вильямс, 2007. - 912 с.
20. Зобнин Б. Б. Моделирование систем: конспект лекций. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 129 с.

21. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. Москва: Наука, 1972. 830 с.
22. Спирин Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: учебное пособие / Н. А. Спирин [и др.]; под ред. Н. А. Спирина; ГОУ ВПО УГТУ – УПИ. Екатеринбург, 2003. 260 с.
23. Рогов В.А. Методика и практика технических экспериментов: учебное пособие. Москва: Академия, 2005. 288 с.
24. Адлер Ю. П. Теория эксперимента: прошлое, настоящее, будущее / Ю. П. Адлер, Ю. В. Грановский, Е. В. Макарова. Москва: Знание, 1982. 64 с.
25. Цирлин А.М. Оптимальное управление технологическими процессами. Москва: Энергопромиздат, 1986. 400 с.
26. Ногин В. Ю. Основы теории оптимизации / В. Ю. Ногин, И. О. Протодяконов, И. И. Евлампиев. Москва: Высшая школа, 1986. 384 с.
27. Арутюнов В.Х., Мішин В.М., Свінціцький В.М. Методологія соціально - економічного пізнання: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2005. – 353 с.
28. Баскаков А.Я., Туленков Н.В. Методология научного исследования: Учеб. пособие. – К.: МАУП, 2004. – 216 с.
29. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки Структура і правила оформлення.
30. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» №1977-ХІІ із змінами від 19 грудня 2006 р.