Лекція 4 АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 1
1. Наукова публікація: поняття, функції, основні види. 1
2. Структура наукового реферату. 7
3. Доповідь на науковій конференції. 9
4. Методика написання наукової статті. 11
5. Структура звіту про результати наукових досліджень. 13
Література 14
Лекція 5 ЗАГАЛЬНА МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ 14
1. Основні поняття та визначення. 14
2. Методи і техніка досліджень. 20
3. Суть і особливості методик теоретичних та експериментальних досліджень. 30
4. Методика отримання та обробки одержаної інформації. 31
Література 33
Лекція 6 **МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ** 34
1. Класифікація, типи і завдання експерименту 34
2 Методологія експериментальних досліджень 42
3 Розробка плану - програми й методики проведення експерименту 44
4 Методи обробки й аналізу досвідчених даних 46
5 Регресійний аналіз 49
6. Перевірка експериментальних даних на адекватність 52
Л и т е р а т у р а: 53
Лекція 7 ОСНОВНІ ЕТАПИ Й ПРИНЦИПИ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ 53
1. Повний факторний експеримент 54
Перевірка адекватності лінійної моделі **виконується за допомогою критерію Фішера. Лінійна модель адекватна, якщо виконується нерівність** 58
Оцінка значимості коефіцієнта регресії **виробляється за допомогою критерію Стьюдента. Коефіцієнт уважається значимим, якщо виконується нерівність** 58
2. Інтерпретація результатів факторного експерименту 60
Література 62

Лекція 4 АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Наукова публікація: поняття, функції, основні види.

Публікація (лат. *publicatio* - оголошую всенародно, оприлюднюю)- це доведення до загального відома за допомогою преси відповідної інформації (в даному випадку - наукової).

Публікації виконують кілька ***функцій:***

- оприлюднюють результати наукової роботи;
- сприяють встановленню пріоритету автора;
- свідчать про особистий внесок дослідника в розробку наукової проблеми;
- слугують підтвердженню достовірності основних результатів і висновків, новизни і наукового рівня її (оскільки після виходу у світ публікація стає об'єктом вивчення й оцінки широкою науковою громадськістю);
- підтверджують факт апробації та впровадження результатів і висновків наукової роботи;
- відбивають ***основний*** зміст наукової роботи;
- фіксують завершення певного етапу дослідження або роботи в цілому;
- забезпечують первинною науковою інформацією суспільство, сповіщають наукове співтовариство про появу нового наукового знання, переда-

ють індивідуальний результат у загальне надбання та ін.

ДСТУ 3017—95 "Видання. Основні види. Терміни та визначення" визначає ***видання*** як документ, який пройшов редакційно-видавниче опрацювання, виготовлений друкуванням, тисненням або іншим способом, містить інформацію, призначену для поширення, і відповідає вимогам державних стандартів, інших нормативних документів щодо видавничого оформлення і поліграфічного виконання.

Науковим вважається видання результатів теоретичних і (або) експериментальних досліджень. Воно призначене для фахівців і для наукової роботи.

До науково - дослідних видань належать:

- ***монографія*** (науково-книжкове видання повного дослідження однієї проблеми або теми, що належить одному чи кільком авторам);
- ***автореферат дисертації*** (наукове видання у вигляді брошури авторського реферату проведеного дослідження, яке подається на здобуття наукового ступеня);
- ***препринт*** (наукове видання з матеріалами попереднього характеру, які публікуються до виходу у світ видання, в якому вони мають бути вміщені);
- ***тези доповідей,*** а також ***матеріали наукової конференції*** (неперіодичний збірник підсумків конференції, доповідей, рекомендацій та рішень);
- ***збірник наукових праць*** (збірник матеріалів досліджень, виконаних у наукових установах і навчальних закладах.

За обсягом розрізняють два види наукових неперіодичних видань: ***книга*** (книжкове видання обсягом понад 48 сторінок); ***брошура*** (книжкове видання обсягом від 4 до 48 сторінок).

Статус наукового видання потребує суворого дотримання видавничого оформлення видання. Вкажемо лише основні.

Вихідні відомості - сукупність даних, які характеризують видання і призначені для його оформлення, бібліографічної обробки, статистичного обліку й інформування читача.

Елементами вихідних відомостей є: відомості про авторів або інших осіб, які брали участь у створенні видання; заголовок (назва) видання; надзаголовні дані; підзаголовні дані; нумерація; вихідні дані; шифр зберігання видання; індекс УДК; індекс ББК; авторський знак, макет анотованої каталожної картки; знак охорони авторського права; міжнародний стандартний номер ISBN; випускні дані.

Вихідні дані включають: місце випуску видання, назва видавництва або організації, що володіє правом видання, і рік випуску (як правило, наводять у нижній частині титульного аркуша).

У *випускних даних* зазначають дату подання оригіналу на складання; дату підписання видання до друку; формат паперу і частку аркуша; вид і но-

мер паперу; гарнітуру шрифту основного тексту; спосіб друку; обсяг видання в умовних друкованих аркушах, що приведені до формату паперового аркуша 60 х 90 см; обсяг видання в обліково-видавничих аркушах; номер замовлення поліграфічного підприємства; назву і повну поштову адресу видавництва і поліграфічного підприємства. Випускні дані розміщують на останній сторінці видання або звороті титульного аркуша.

Особливу складність викликає визначення наукового статусу статей. Слід враховувати, що **газетні статті не кваліфікують як наукові**. Крім того, проблематичним є віднесення до розряду наукових статей, опублікованих в громадсько-політичних і науково-популярних журналах.

Статті наукового характеру друкуються переважно в наукових збірках або журналах. ***Науковий журнал*** - журнал, що містить статті та матеріали досліджень теоретичного або прикладного характеру, призначений переважно фахівцям певної галузі науки. За цільовим призначенням наукові журнали поділяють на: науково-теоретичні, науково-практичні та науково-методичні.

Особливе значення наукові статті мають для здобувача наукового ступеня доктора чи кандидата наук. Крім зазначених, вони мають відповідати ще й таким вимогам.

1) Статті мають публікуватись у ***провідних наукових фахових журналах*** та інших періодичних ***наукових фахових виданнях,*** **їх** ***перелік затверджу є ВАК України*** при дотриманні таких вимог:

- наявність у складі редакційної колегії не менше **п'яти** докторів наук з відповідної галузі науки, серед яких обов'язково мають бути штатні працівники наукової установи, організації чи вищого навчального закладу, що видає журнал (періодичні видання);
- журнали підписуються до друку виключно за рекомендацією вченої ради наукової установи (організації чи вищого навчального закладу), яка його видає, про що зазначається у вихідних даних;
- тираж не менше ніж 100 примірників;
- повне дотримання вимог до редакційного оформлення періодичного видання згідно з державними стандартами України;
- наявність журналу (періодичного видання) у фондах бібліотек України, перелік яких затверджено ВАК України.

2) Публікація не більше однієї статті здобувача за темою дисертації в одному випуску (номері) журналу (або іншого друкованого видання).

3) Н зараховуються праці, в яких немає повного опису наукових результатів, що засвідчує їх достовірність, або в яких повторюються результати, опубліковані раніше в інших наукових працях, які входять до списку основних.

Повне опублікування основних наукових результатів дисертаційних робіт, які подаються на здобуття наукових ступенів доктора та кандидата

наук, є однією з вирішальних передумов атестації наукових кадрів. Тому особливе значення публікації мають для здобувачів наукового ступеня.

Кількість та якість публікацій з теми дослідження є критерієм оцінки цінності роботи. Вважається, що дисертація виконана на належному рівні, якщо з кожного її розділу і підрозділу можна підготувати статтю, а за її загальними результатами - монографію.

Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук приймаються до захисту спеціалізованими вченими радами лише за умови ***повноти*** **та** ***якості*** опублікування ***основних*** наукових результатів і висновків дисертації. До основних результатів кожної дисертації, як правило, відносять ті з них, які згадані у розділах "Наукова новизна" та "Висновки" автореферату.

У п. 14 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань” зазначено, що основні наукові результати дисертації відображають ***особистий внесок автора*** в їх досягнення і обов'язково мають бути опубліковані автором у формі надрукованих монографій, підручників, посібників (для дисертацій з педагогічних наук), брошур чи статей у наукових фахових виданнях України або інших країн, перелік яких затверджує ВАК. Виконання цієї вимоги перевіряється спецрадою, опонентами, експертами ВАК на різних стадіях атестації. Зокрема, офіційний опонент на основі вивчення дисертації та праць здобувача, опублікованих за темою дисертації, у відгуку висвітлює такі обов'язкові питання, як ***актуальність*** обраної теми, ступінь ***обґрунтованості*** наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх ***достовірність і новизну, повноту їх викладу в опублікованих працях.***

Основний зміст дисертації може висвітлюватись як у ***фахових виданнях,*** які вважаються основними при захисті дисертації, так і в будь-яких наукових друкованих виданнях, які розглядаються як ***додаткові.***

З метою підвищення рівня наукових досліджень, висвітлення результатів і положень дисертації на здобуття наукового ступеню кандидата наук, забезпечення єдності вимог ВАК України затверджено ряд вимог до публікацій, яких слід чітко дотримуватись.

ВАК України визначено таку мінімальну кількість та обсяг публікацій ***основного*** змісту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук.

1) Мінімальна кількість публікацій становить не менше трьох статей основного змісту дисертації у вигляді статей у наукових фахових виданнях України або інших країн, перелік яких затверджує ВАК України починаючи з 1997 р.

2) Як публікації зараховуються статті у фахових наукових виданнях і журналах, що входили до відповідних переліків ВАК СРСР та ВАК Російської Федерації. Враховуються також закордонні видання за переліком ВАК України.

3) Як публікації зараховуються лише ті статті в наукових фахових виданнях, які на момент прийняття дисертації до захисту вийшли з друку.

4) До опублікованих праць, які ***додатково*** відображають наукові ре-

зультати дисертації, належать також дипломи на відкриття, патенти і авторські свідоцтва на винаходи, державні стандарти, промислові зразки, алгоритми та програми, що пройшли експертизу на новизну, статті в друкованих засобах масової інформації загальнодержавної сфери розповсюдження (із суспільних і гуманітарних наук), рукописи праць, депоновані в установах державної системи науково-технічної інформації та анотовані в наукових журналах, брошури, препринти, технологічні частини проектів на будівництво, розширення, реконструкцію та технічне переозброєння підприємства, інформаційні карти на нові матеріали, що внесені до державного банку даних, тези доповідей, матеріали, виголошені на наукових конференціях, конгресах, симпозіумах, семінарах, у школах тощо. Тези доповідей включають до списку опублікованих праць за умови, що вони слугують встановленню пріоритету або коли їх зміст не викладений в інших публікаціях.

5) Більшість публікацій здобувача має бути без співавторів. До статей без співавторів прирівнюються розділи монографій, підручників, навчальних посібників, написані здобувачем особисто.

Факт публікації у співавторстві зазначається у дисертації та в авторефераті з обов'язковим зазначенням конкретного особистого внеску здобувача в усі праці або розробки.

Для визначення особистого внеску здобувача до праць, які надруковані у співавторстві, необхідно вказати, які саме конкретні результати, наведені в кожній публікації, належать здобувачеві (теорема, висновки, результат досліду чи експерименту, математична модель, методика та ін.). Не дозволяється вказувати тільки процентне співвідношення участі співавторів у написанні певної праці. У списку опублікованих праць здобувача до автореферату обов'язково наводяться назва праці і прізвища усіх співавторів за такою формою: *(у співавторстві з В.Т.Надикто)*.

Праці здобувача наводять у "Списку використаних джерел" до дисертації, в переліку основних публікацій автора до автореферату, в тексті дисертації. Обов'язковими є посилання на власні друковані праці здобувача в тексті дисертації, наведені в авторефераті дисертації. По-перше, це викликано етимологією слова "автореферат", що означає короткий виклад автором змісту дисертації. В авторефераті не повинно бути відомостей, не викладених у тексті дисертації. По-друге, посилання на власні праці автора дасть змогу легко пересвідчитися у виконанні вимоги щодо обов'язкової публікації основних результатів дисертації. Такі посилання зручно робити у коротких висновках до розділів дисертації, приблизно в такій формі: "Основні результати розділу опубліковані у працях [...]".

Наукові видання (зокрема наукові монографії, журнали чи збірники), в яких опубліковані основні результати дисертаційних робіт, мають бути доступними читачеві, знаходитися у фондах провідних вітчизняних бібліотек, обов'язково надсилатися в установи, перелік яких затверджений ВАК України:

• Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського*(03039, Київ, проспект 40-річчя Жовтня, 3).*

• Національна парламентська бібліотека України *(01601,Київ, вул. Грушевського, 1).*

• Державна науково-технічна бібліотека України *(01171,Київ-171, вул. Горького, 180).*

• Львівська державна наукова бібліотека ім. В.С. Стефаника *(79001, Львів, вул. Стефаника, 2).*

• Одеська державна наукова бібліотека ім. М. Горького*(65020, Одеса, вул. Пастера, 13).*

• Харківська державна наукова бібліотека ім. В.Г. Короленка
(61003, Харків, прав. Короленка, 18).

• Книжкова палата України *(02094, Київ, проспект Гагаріна,27).*

Отже, науковими виданнями (в т. ч. і науковими монографіями), в яких можуть бути вміщені публікації за основним змістом дисертацій, вважаються лише ті видання, які надійшли до перелічених установ.

Ніяких директивних "термінів чинності" публікацій здобувачів немає, не регламентовані також і вимоги щодо наявності публікацій протягом останніх років. Однак виконання вимог ВАК щодо наявності в дисертації ***нових*** науково обґрунтованих результатів ставиться під сумнів, коли основні наукові результати здобувача опубліковані (отже й отримані) 15...20 років тому.

Включення до переліку праць, які підготовлені до друку, але ще не вийшли, є порушенням вимог ВАК України, що може ускладнити процес атестації. Слід зважити й на те, що більшість відмов президії ВАК України у видачі дипломів доктора і кандидата наук пов'язані з порушенням вимог щодо мінімальної кількості та обсягу публікацій основного змісту дисертації.

Враховуючи те, що дисертація до захисту приймається тільки після виходу друком відповідних публікацій, готувати їх треба не в останній момент, а заздалегідь, в міру готовності наукових результатів, отриманих при вирішенні завдань дисертаційного дослідження.

Певні труднощі у авторів виникають при визначенні обсягу праць, що зумовлено недостатнім знанням основних одиниць обчислення наукової інформації, поширюваних засобами друку. До основних з них належать: авторський аркуш, друкований аркуш, обліково-видавничий аркуш.

Авторський аркуш - одиниця обліку друкованого твору, що береться для обрахунку праці авторів, перекладачів, редакторів тощо. Дорівнює він 40 000 друкованих знаків прозового тексту (букв, цифр, розділових знаків тощо), 22-24 сторінкам машинописного українського тексту або 3 000 $см^2$ ілюстрованого чи рекламного матеріалу. В авторських аркушах визначається обсяг рукопису у видавничому договорі.

Обсяг оригіналу в авторських аркушах можна приблизно визначити,

розділивши загальну кількість сторінок прозового тексту на 23 (середнє число стандартних машинописних сторінок). Якщо оригінал підготовлений не на звичайній друкарській машинці і рядок вміщує більше число знаків, підраховують середню кількість рядків на сторінці (при коливаннях у кількості рядків вибирають 10 сторінок з різних місць оригіналу і загальне число рядків у них ділять на 10), потім середню кількість знаків у рядку (для цього суму знаків у 10 рядках ділять на 10) і, перемноживши отримані числа, визначають число знаків на сторінці. Потім загальну кількість сторінок помножують на число знаків на сторінці і результат ділять на 40 000. При наборі на комп'ютері підрахунок числа знаків здійснюється автоматично.

Обліково-видавничий аркуш - це одиниця обліку друкованого твору, що дорівнює, як і авторський аркуш, 40 000 друкованих знаків прозового або 3000 $см^2$ ілюстрованого чи рекламного тексту.

Обсяг видання в обліково-видавничих аркушах відрізняється від обсягу видання в авторських аркушах тим, що в розрахунок входять ті частини видання, які не є результатом авторської праці (колонцифри, зміст, що повністю повторюють заголовки всередині видання, видавнича анотація, вихідні відомості на обкладинці, оправі, суперобкладинці, корінці, титульному аркуші, випускні дані, порядкові номери сторінок, редакційна передмова, повторювані заголовки таблиць, рисунків та ін.). В одному й тому ж друкованому аркуші може вміститися матеріал більшого чи меншого обсягу залежно від місткості шпальти набору.

Кожному науковцеві слід систематично вести облік власних публікацій у картотеці, списку або комп'ютерному банку даних за особливими правилами бібліографічного списку або за схемою: назва праці; характер роботи; вихідні дані; обсяг в обліково-видавничих аркушах; співавтори. Слід також мати оригінали або копії власних публікацій. Про це слід завчасно подбати особливо здобувачам наукового ступеня, оскільки оригінали, відбитки або копії усіх перелічених в авторефераті праць мають бути подані до спецради.

2. Структура наукового реферату.

Дослідник часто стикається з необхідністю написання реферату. ***Реферат*** (лат. *referre* - доповідати, повідомляти) - короткий виклад змісту одного або декількох документів з певної теми.

Обсяг реферату визначається специфікою теми і змістом документів, кількістю відомостей, їх науковою цінністю або практичним значенням. Його обсяг коливається від 500-2500 знаків до 20-24 сторінок.

Є багато видів рефератів. Науковці найчастіше мають справу з інформативними і розширеними, або зведеними рефератами.

Інформативний реферат найповніше розкриває зміст документа, містить основні фактичні та теоретичні відомості. В такому рефераті мають бути зазначені: предмет дослідження і мета роботи; наведені основні результа-

ти; викладені дані про метод і умови дослідження; відбиті пропозиції автора щодо застосування результатів; наведені основні характеристики нових технологічних процесів, технічних виробів, нова інформація про відомі явища, предмети та ін. Інформаційний реферат розміщують у первинних документах (книги, журнали, збірники наукових праць, звіти про науково-дослідну роботу та ін.) і у вторинних документах (реферативні журнали і збірники, інформаційні карти та ін.).

Розширений, або ***зведений*** (багатоджерельний, оглядовий), реферат містить відомості про певну кількість опублікованих і неопублікованих документів з однієї теми, викладені у вигляді зв'язного тексту.

Зразок структури реферату

ВСТУП
РОЗДІЛ І Аналіз стану проблеми.
РОЗДІЛ ІІ Перспективи розв’язку проблеми в сучасних умовах.
ВИСНОВКИ
ЛІТЕРАТУРА
ДОДАТКИ

У *вступі* обґрунтовуються актуальність теми, її особливості, значущість з огляду на соціальні потреби суспільства та розвиток конкретної галузі науки або практичної діяльності.

У *розділі І* наводяться основні теоретичні і експериментальні дослідження з теми, зазначається, хто з учених минулого вивчав дану проблему, які ідеї висловлював. Визначаються сутність (основний зміст) проблеми, основні чинники (фактори, обставини), що зумовлюють розвиток явища або процесу, який вивчається. Наводиться перелік основних змістових аспектів проблеми, які розглядалися вченими. Визначаються недостатньо досліджені питання, з'ясовуються причини їх слабкої розробленості.

У *розділі ІІ* дається поглиблений аналіз сучасного стану процесу або явища, тлумачення основних поглядів і позицій щодо проблеми. Особлива увага приділяється виявленню нових ідей та гіпотез, експериментальним даним, новим методикам, оригінальним підходам до вивчення проблеми. У цьому розділі подається аналіз практики. Висловлюються власні думки щодо перспектив розвитку проблеми.

У *висновках* подаються узагальнені умовиводи, ідеї, думки, оцінки, пропозиції науковця.

До *списку літератури* включають публікації переважно останніх 5—10 років. Особливу цінність мають роботи останнього року.

У *додатках* наводяться формули, таблиці, схеми, якщо вони суттєво полегшують розуміння роботи.

Вибір теми реферату слід узгоджувати з кафедрою і науковим керівником. Тема має допомогти дипломнику та аспіранту у визначенні методології свого дослідження.

Обсяг розширеного реферату - 20...24 сторінки.

Виклад матеріалу в рефераті має бути коротким і стислим. Слід використовувати синтаксичні конструкції, властиві мові наукових і технічних документів, уникати складних граматичних зворотів.

Рецензія (відгук) на реферат має об'єктивно оцінювати позитивні і негативні його сторони. В рецензії тією чи іншою мірою слід оцінити вміння поставити проблему, обґрунтувати її соціальне значення; розуміння автором співвідношення між реальною проблемою і рівнем її концептуальності; повноту висвітлення літературних джерел, глибину їх аналізу, володіння методами збору, аналізу та інтерпретації емпіричної інформації; самостійність роботи, оригінальність в осмисленні матеріалу; обґрунтування висновків і рекомендацій.

Стиль рецензії має відповідати нормам, прийнятим для наукових відгуків, тобто бути доброзичливим, але принциповим. Відносно до автора роботи речення слід будувати в третій особі минулого часу ("дослідник поставив..., розкрив..., довів..."); до самої роботи - в теперішньому часі ("реферат містить..., розкриває..." та ін.). Рецензію не слід завершувати оцінкою, вона має випливати зі змісту документа.

3. Доповідь на науковій конференції.

Найбільш поширеною формою усного оприлюднення наукових результатів є доповідь та повідомлення.

Доповідь - документ, у якому викладаються певні питання, даються висновки, пропозиції. Вона призначена для усного (публічного) прочитання та обговорення. Розрізняють такі види доповідей:

- ***звітні*** (узагальнення стану справ, ходу роботи за певний час);
- ***поточні*** (інформація про хід роботи);
- **на наукові теми.**

Наукова доповідь - це публічно виголошене повідомлення, розгорнутий виклад певної наукової проблеми (теми, питання).

Структура тексту доповіді практично аналогічна плану наукової статті.

Є два методи написання доповіді. Перший полягає в тому, що дослідник спочатку готує тези свого виступу, на основі тез пише доповідь на семінар або конференцію, редагує її і готує до опублікування в науковому збірнику у вигляді доповіді чи статті. Другий, навпаки, пов'язаний з повним написанням доповіді, а потім у скороченому вигляді ознайомленням з нею аудиторії. Вибір способу підготовки доповіді залежить від змісту матеріалу та індивідуальних особливостей науковця.

Специфіка усного виступу має суттєві відмінності від друкованого змісту і форми. При написанні доповіді слід зважати на те, що суттєва частина матеріалу опублікована в тезах доповіді. Крім того, частина матеріалу подається на плакатах (слайдах, моніторі комп'ютера, схемах, діаграмах, табли-

цях та ін.). Тому доповідь повинна містити коментарі, а не повторення ілюстративного матеріалу. Можна зупинитися лише на одній (найсуттєвішій, дискусійній) тезі доповіді, зробивши посилання на опубліковані тези. Це дозволить на 20- 40 % скоротити доповідь. Добре коли доповідач реагує на попередні виступи науковців з теми своєї доповіді. Доцільним є полемічний характер доповіді: це викликає інтерес слухачів.

При написанні доповіді слід зважати на те, що за 10 хвилин людина може прочитати матеріал, що надруковано на чотирьох сторінках машинописного тексту (через два інтервали). Обсяг доповіді становить 8-12 сторінок (до 30 хвилин). Якщо доповідь складається з 4-6 сторінок, вона називається *повідомленням.*

Тезами називають послідовно сформульовані основні ідеї, думки та положення наукової доповіді, повідомлення, статті або іншої наукової праці називаються тезами (гр. *thesis* - положення, твердження).

Рекомендований обсяг тез наукової доповіді - 2...3 сторінки машинописного тексту через 1,5-2 інтервали. Схематично структура тез наукової доповіді має такий вигляд:

теза - обґрунтування - доказ - аргумент - результат - перспективи.

Можливий виклад однієї тези.

При підготовці тез наукової доповіді слід дотримуватися таких правил:

- у правому верхньому куті розміщують прізвище автора та його ініціали; при необхідності вказують інші дані, які доповнюють відомості про автора (магістр, аспірант, викладач, місце роботи тощо);
- назва тез доповіді коротко відображає головну ідею, думку, положення (2-5 слів);
- виклад суті доповіді здійснюється за такою послідовністю тез: актуальність проблеми; стан розробки проблеми (перелічуються вчені, які зверталися до розробки цієї проблеми); наявність проблемної ситуації; необхідність у її вивченні, вдосконаленні з огляду на сучасний стан її розробки, втілення; основна ідея, положення, висновки дослідження, якими методами це досягається; основні результати дослідження, їх значення для розвитку теорії та (або) практики.

Посилання на джерела, цитати в тезах доповіді використовуються рідко. Допускається опускати цифровий, фактичний матеріал.

Формулювання кожної тези починається з нового рядка. Кожна теза містить самостійну думку, що висловлюється в одному або кількох реченнях. Виклад суті ідеї чи положення здійснюється без наведення конкретних прикладів.

Виступаючи на науковій конференції (з'їзді, симпозіумі), можна посилатися на опубліковані тези доповіді і спинитися на одній із основних (дискусійних) тез.

4. Методика написання наукової статті.

Наукова стаття - один із основних видів публікацій. Вона містить виклад проміжних або кінцевих результатів наукового дослідження, висвітлює конкретне окреме питання за темою наукової роботи, фіксує науковий пріоритет автора, робить її матеріал надбанням фахівців.

Підготовка публікації - процес індивідуальний. Одні вважають за необхідне лише коротко описати хід дослідження і детально викласти кінцеві результати. Інші дослідники поступово вводять читача у свою творчу лабораторію, висвітлюють етап за етапом, докладно розкривають методи своєї роботи. Висвітлюючи весь дослідницький процес від творчого задуму до заключного його етапу, підбиваючи підсумки, формулюючи висновки і рекомендації, учений розкриває складність творчих пошуків. При першому варіанті викладу автор зважає на порівняно вузьке коло фахівців. Він користується ним при написанні монографії, статті. Другий варіант використовується при написанні дисертації. Він дає змогу краще оцінити здібності науковця до самостійної науково-дослідницької роботи, глибину його знань та ерудицію.

Суттєвою підмогою в підготовці публікацій стане володіння дослідником певною сумою методичних прийомів викладу наукового матеріалу. Найбільш типовими прийомами є:

- послідовний;
- цілісний (з наступною обробкою кожної частини, розділу);
- вибірковий.

Послідовний виклад матеріалу логічно зумовлює схему підготовки публікації: формулювання задуму і складання попереднього плану; відбір і підготовка матеріалів; групування матеріалів; редагування рукопису. Перевага цього способу полягає в тому, що виклад інформації здійснюється в логічній послідовності, що виключає повтори та пропуски.

Його недоліком є нераціональне використання часу. Поки автор не закінчив повністю черговий розділ, він не може перейти до наступного, а в цей час матеріал, що майже не потребує чистового опрацювання, чекає на свою чергу і лежить без руху.

Цілісний спосіб - це написання всієї праці в чорновому варіанті, а потім обробка її в частинах і деталях, внесення доповнень і виправлень. Його перевага полягає в тому, що майже вдвічі економиться час при підготовці готового варіанта рукопису. Разом з тим, є небезпека порушення послідовності викладу матеріалу.

Вибірковий виклад матеріалу часто використовується дослідниками. В міру готовності матеріалу над ним працюють у будь-якій зручній послідовності. Необхідно кожний розділ доводити до кінцевого результату, щоб при підготовці всієї праці її частини були майже готові до опублікування.

Кожний дослідник вибирає для себе найпридатніший спосіб для перетворення так званого чорнового варіанта рукопису в проміжний або біловий.

Наукова стаття подається до редакції в завершеному вигляді відповідно до вимог, які публікуються в окремих номерах журналів або збірниках у вигляді пам'ятки авторам.

Оптимальний обсяг наукової статті - 6...12 сторінок (0,5-0,7 друк. арк.).

Рукопис статті, як правило, має містити повну назву роботи, прізвище та ініціали автора(ів), анотацію (на окремій сторінці), список використаної літератури.

Стаття має просту структуру, її текст, як правило, не поділяється на розділи. Умовно в тексті статті можна виділити такі структурні елементи.

1. ***Вступ*** - постановка наукової проблеми, її актуальність, зв'язок з найважливішими завданнями, що постають перед Україною, значення для розвитку певної галузі науки або практичної діяльності.

2. ***Основні (останні за часом) дослідження і публікації,*** на які спирається автор; сучасні погляди на проблему; труднощі при розробці даного питання, виділення невирішених питань у межах загальної проблеми, котрим присвячена стаття.

3. ***Формулювання мети статті*** (постановка завдання) - висловлюється головна ідея даної публікації, яка суттєво відрізняється від сучасних уявлень про проблему, доповнює або поглиблює вже відомі підходи; звертається увага на введення до наукового обігу нових фактів, висновків, рекомендацій, закономірностей або уточнення відомих раніше, але недостатньо вивчених. Читач зможе краще оцінити докази, які будуть викладені автором у статті, якщо він знатиме на досягнення якої мети вони направлені.

4. ***Виклад змісту власного дослідження*** - основна частина статті. В ній висвітлюються основні положення і результати наукового дослідження, особисті ідеї, думки, отримані наукові факти, виявлені закономірності, зв'язки, тенденції, програма експерименту, методика отримання та аналіз фактичного матеріалу, особистий внесок автора в досягнення і реалізацію основних висновків тощо.

Під час викладення аналізу основних результатів досліджень не слід повторювати опис чужих результатів, якщо вони уже є у вступі - відішліть читача до них. Якщо у вступі проблема сформулювала як питання, то в основній частині на нього обов’язково треба дати відповідь. Слід критично підходити як до чужих результатів досліджень, так і до власних. Наприклад, слід частіше задавати питання: “А чи можна спростувати мою гіпотезу? Чи можна мої результати пояснити інакше?”.

5. ***Висновок,*** в якому формулюється основний умовивід автора, зміст висновків і рекомендацій, їх значення для теорії і практики, суспільна значущість. Коротко окреслюються перспективи подальшої роботи.

Жанр наукової статті вимагає дотримання певних правил.

Назва статті повинна стисло відбивати її головну ідею, думку. Вона (назва) має бути якомога коротшою.

Слід чітко уявляти потенційного читача статті, у зв'язку з чим писати слід спеціального для нього у манері не занадто технічній, але і не тривіальній. Треба вживати ординарні слова і прості конструкції. Писати бажано короткими реченнями, але не такими, щоб створювати ефект "стакато". Для запобігання цього застосовують зв'язування двох речень. Причому намагаються робити це з урахуванням правила: "Одна ідея на речення".

Недоцільно в статті ставити риторичні запитання, мають переважати розповідні речення. Не слід перевантажувати текст цифрами 1, 2 та ін. при переліках тих чи інших думок, положень. Перелік елементів, позицій слід починати з нового рядка, відокремлюючи їх одне від одного крапкою з комою. У тексті прийнятним є використання різних видів переліку: спочатку, на початку, спершу, потім, далі, нарешті; по-перше, по-друге, по-третє; на першому етапі, на другому етапі та ін.

Цитати в статті використовуються дуже рідко. Необхідно зазначити основну ідею, а після неї в дужках указати прізвище автора, який уперше її висловив.

Рукопис статті підписується автором (ами) і подається до редакції у двох примірниках. У разі необхідності до неї додається дискета.

5. Структура звіту про результати наукових досліджень.

Звіти про науково - дослідну роботу оформляються згідно ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки".

Звіт умовно поділяють на:

- вступну частину;
- основну частину;
- додатки.

Вступна частина включає:

- титульний аркуш;
- список авторів;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначень (при потребі).

Особливу увагу слід приділяти списку авторів. По великому рахунку цей аркуш носить юридично - правовий підтекст, оскільки він встановлює права кожного із виконавців на відповідний результат роботи. Саме тому за кожним із авторів треба **обов'язково** зазначити виконаний ним об'єм роботи. Обмежуватися одним лише списком виконавців, що останнім часом досить часто має місце на практиці, - не можна.

Не менш важливим документом є реферат звіту. Він має бути стислим, водночас із цим - інформативним і містити відомості, які дозволяють прийняти рішення про доцільність читання всього звіту.

Тексту реферату передують відомості про обсяг звіту, кількість ілюст-

рацій, таблиць, додатків і використаних літературних джерел. Текст реферату викладається приблизно у такій послідовності:

- об’єкт дослідження або розроблення;
- мета роботи;
- методи дослідження та апаратура;
- результати та їх новизна, ступінь впровадження, економічна ефективність і рекомендації щодо подальшого впровадження тощо.

Частини тексту, щодо яких відсутні відомості, опускають. Завершується цей документ списком ключових слів.

Бажано, щоб реферат уміщався на одні сторінці формату А4.

Основна частина звіту повинна починатися викладення програмних питань досліджень. Далі (при потребі) може слідувати опис об’єкта досліджень, а за ним - методика досліджень. Остання приводиться окремо для кожного пункту програми досліджень.

Закінчується основна частина звіту висновками, які ні в якому разі не повинні носити анотаційну форму. Нижче приведено приклад звіту, написаного у відповідності з методикою, викладеною в темі №4 даного курсу лекцій.

Література

1. Шейко В.М., Кушнаренко Н.М. Організація та методика науково – дослідницької діяльності. – К.: Знання-Прес, 2003. – 295 с.

2. Добров Г.М. Наука о науке. - К.: Наукова думка, 1998.- 304 с.

3. Основы научных исследований: Учебное пособие для технических вузов / Под ред. В.И.Крутова, В.В.Попова.- М.: Высшая школа, 1989.- 400 с.

4. Основы научных исследований: Учебное пособие/ А.А.Лудченко, Я.А.Лудченко, Т.А.Примак.- К.:О-во «Знання», КОО, 2000.- 114 с.

5. Бурдин К.С., Веселов П.В. Как оформить научную работу. - М: Высшая школа, 1973.

6. Вернон Будз. Как написать научную статью //Техника и наука, 1978, №№2, 3, 4.

Лекція 5 ЗАГАЛЬНА МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ

1. Основні поняття та визначення.

Для дослідників-початківців дуже важливо мати уявлення про методологію та методи наукової творчості, оскільки на перших кроках до оволодіння навичками наукової роботи найбільше виникає питань саме методологічного характеру. Передусім бракує досвіду у використанні методів наукового пізнання, застосуванні логічних законів і правил, нових засобів і технології. Тому є сенс розглянути ці питання докладніше.

Не можна ігнорувати факти тільки тому, що їх важко пояснити або знайти їм практичне використання. Зміст нового в науці не завжди бачить сам дослідник. Нові наукові факти і навіть відкриття, значення яких погано

розкрите, можуть тривалий час лишатися в резерві науки і не використовуватися на практиці.

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

Для дослідника недостатньо встановити новий факт, важливо дати йому пояснення з позицій сучасної науки, розкрити його загальнопізнавальне, теоретичне або практичне значення.

Виклад наукових фактів має здійснюватися в контексті загального історичного процесу, історії розвитку певної галузі, бути багатоаспектним, з урахуванням як загальних, так і специфічних особливостей.

Накопичення наукових фактів у процесі дослідження - це творчий процес, в основі якого завжди лежить задум ученого, його ідея.

У філософському визначенні ***ідея*** - це продукт людського мислення, форма відображення дійсності. Ідея відрізняється від інших форм мислення тим, що в ній не тільки відображається об'єкт вивчення, а й міститься усвідомлення мети, перспективи пізнання і практичного перетворення дійсності. Тому важливе значення має історичне вивчення не лише об'єкта дослідження, а й становлення та розвитку знань про нього.

Ідеї народжуються з практики, спостережень навколишнього світу і потреб життя. В основі ідей лежать реальні факти і події. Життя висуває конкретні завдання, однак часто не відразу знаходяться продуктивні ідеї для їх вирішення. У такому разі на допомогу приходить здатність дослідника проаналізувати ідеї, погляди попередників, запропонувати новий, зовсім незвичний аспект розгляду завдання, яке протягом тривалого часу не могли вирішити при загальному підході до справи.

Вивчення історичного досвіду, визначення етапів становлення, розвитку об'єкта дослідження та ідеї від часу виникнення до стадії вирішення завдання значно збагачує наукове дослідження, свідчить про достовірність його результатів і висновків, підтверджує наукову об'єктивність і компетентність дослідника.

Нова ідея - не просто зміна уявлень про об'єкт дослідження. Це - якісний стрибок думки за межі сприйнятих почуттями даних і, здавалося б, перевірених рішень. Нові ідеї можуть виникати під впливом парадоксальних ситуацій, коли виявляється незначний, неочікуваний результат, який надто розходиться із загальноприйнятими положеннями науки - ***парадигмами.*** Отримання нових знань відбувається за схемою:

парадигма — парадокс — нова парадигма.

Розвиток науки - це зміна парадигм, методів, стереотипів мислення.

Перехід від однієї парадигми до іншої не піддається логічному опису, бо кожна з них відкидає попередню і несе принципово новий результат дослідження, який не можна логічно вивести з відомих теорій. Особливу роль тут відіграють інтуїтивні механізми наукового пошуку, які не ґрунтуються на формальній логіці.

Складність, багатогранність і міждисциплінарний статус будь-якої наукової проблеми приводять до необхідності її вивчення у системі координат, що задається різними рівнями методології науки.

Методологія (гр. *methodos* - спосіб, метод і *logos* - наука, знання) - вчення про правила мислення при створенні теорії науки.

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

Методологія ***виконує такі функції:***

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

Ці ознаки поняття "методологія", що визначають її функції в науці, дають змогу зробити такий висновок: ***методологія - це концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.***

Методологічна основа дослідження, як правило, не є самостійним розділом наукової праці, однак від її чіткого визначення значною мірою залежить досягнення мети і завдань наукового дослідження. Крім того, в розділах основної частини наукової роботи подають виклад загальної методики і

основних методів дослідження, а це потребує визначення методологічних основ кваліфікаційної роботи.

Під ***методологічною основою*** дослідження слід розуміти ***основне, вихідне*** положення, на якому базується наукове дослідження. Методологічні основи даної науки завжди існують поза цією наукою, за її межами і не виводяться із самого дослідження.

Методологія, як вчення про систему наукових принципів, форм і способів дослідницької діяльності, має розгалужену структуру. Нині розрізняють ***фундаментальні, загальнонаукові*** принципи, що становлять власне методологію, конкретно наукові принципи, що лежать в основі теорії тієї чи іншої дисципліни або наукової галузі, і систему ***конкретних методів і технік,*** що застосовуються для вирішення спеціальних дослідницьких завдань.

Філософська, або фундаментальна, методологія є вищим рівнем методології науки, що визначає загальну стратегію принципів пізнання особливостей явищ, процесів, сфер діяльності.

Усі досягнення минулого були опрацьовані у вигляді ***діалектичного методу*** пізнання реальної дійсності, в основу якого було покладено зв'язок теорії і практики, принципи пізнаваності реального світу, детермінованості явищ, взаємодії зовнішнього і внутрішнього, об'єктивного і суб'єктивного.

Діалектична логіка пізнання стала універсальним інструментом для всіх наук, при вивченні будь-яких проблем пізнання і практики.

Діалектика як метод пізнання природи, суспільства і мислення, розглянута в єдності з логікою і теорією пізнання, є фундаментальним науковим принципом дослідження багатопланової і суперечної дійсності в усіх її проявах. Діалектичний підхід дає змогу обґрунтувати причинно-наслідкові зв'язки, процеси диференціації та інтеграції, постійну суперечність між сутністю і явищем, змістом і формою, об'єктивність в оцінюванні дійсності. Досвід і факти є джерелом, основою пізнання дійсності, а практика — критерієм істинності теорії. Діалектика як фундаментальний принцип і метод пізнання має величезну пояснювальну силу. Однак вона не підмінює конкретно наукові методи, пов'язані зі специфікою досліджуваної сфери. Діалектика виявляється в них і реалізується через них відповідно до вимог спадкоємності і непротиріччя в методології.

Філософські вчення, провідними ідеями яких є філософські концепції наукового пізнання, діалектичний метод і теорія наукової творчості, визначають загальний підхід до вивчення проблеми, спрямовані на вирішення стратегічних, а не тактичних завдань дослідження і пов'язані з ним опосередковано.

Загальнонаукова методологія використовується в усіх або в переважній більшості наук, оскільки будь-яке наукове відкриття має не лише предметний, але й методологічний зміст, спричиняє критичний перегляд прийня-

того досі понятійного апарату, чинників, передумов і підходів до інтерпретації матеріалу, що вивчається.

До загальнонаукових принципів дослідження належать: історичний, термінологічний, функціональний, системний, когнітивний (пізнавальний), моделювання та ін.

Сучасне науково-теоретичне мислення прагне проникнути у сутність явищ і процесів, що вивчаються. Це можливо за умови цілісного підходу до об'єкта вивчення, розгляду його у виникненні та розвитку, тобто застосування ***історичного підходу*** до його вивчення.

Перш ніж вивчати сучасний стан, необхідно вивчити генезис та розвиток певної науки або сфери практичної діяльності.

Відомо, що нові наукові і накопичені знання перебувають в діалектичній взаємодії. Найкраще і прогресивне зі старого переходить у нове і надає йому сили й дієвості. Інколи забуте старе знову відроджується на новій науковій основі і живе друге життя в іншому, досконалішому вигляді.

У цьому зв'язку особливого значення набувають вивчення історичного досвіду, аналіз та оцінювання історичних подій, фактів, попередніх теорій у контексті їх виникнення, становлення та розвитку. Отже, історичний метод дає змогу дослідити виникнення, формування і розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності з метою виявлення внутрішніх та зовнішніх зв'язків, закономірностей та суперечностей.

Будь-яке теоретичне дослідження потребує описування, аналізу та уточнення ***понятійного апарату*** конкретної галузі науки, тобто термінів і понять, що їх позначають.

Термінологічний принцип передбачає вивчення історії термінів і позначуваних ними понять, розробку або уточнення змісту та обсягу понять, встановлення взаємозв'язку і субординації понять, їх місця в понятійному апараті теорії, на базі якої базується дослідження.

Вирішити це завдання допомагає метод ***термінологічного аналізу*** **і** ***метод операціоналізації понять.*** Є певні правила їх визначення. Правило розмірності вимагає, щоб обсяг поняття, що визначається, відповідав обсягу поняття, яке визначає, тобто ці поняття мають бути тотожними. Друге: нове поняття не повинне бути тавтологічним. Третє: поняття має бути чітким і однозначним. Якщо при визначенні поняття важко зазначити одну ознаку, називають декілька ознак, достатніх для розкриття специфіки його обсягу і змісту. Дійсно наукове визначення складних явищ і фактів не може обмежуватися формально-логічними вимогами. Воно має містити оцінку фактів, об'єктів, явищ, що визначаються, органічно увійти в чинну терміносистему науки.

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

елементів і частин.

Кожну конкретну науку, діяльність, об'єкт можна розглядати як певну систему, що має множину взаємопов'язаних елементів, компонентів, підсистем, визначені функції, цілі, склад, структуру. До загальних характеристик системи відносять ***цілісність, структурність, взаємозв'язок із зовнішнім середовищем, ієрархічність, цілеспрямованість, самоорганізацію.***

З позицій системного підходу можна розглядати будь-яку сферу. Орієнтація на системний підхід у дослідженні (структура, взаємозв'язки елементів та явищ, їх супідрядність, ієрархія, функціонування, цілісність розвитку, динаміка системи, сутність та особливості, чинники та умови) виправдана тоді, коли ставиться завдання дослідити ***сутність*** явища, процесу.

У системному дослідженні об'єкт, що аналізується, розглядається як певна множина елементів, взаємозв'язок яких зумовлює цілісні властивості цієї множини. Основний акцент робиться на виявлення різноманітності зв'язків і відношень, що мають місце як усередині досліджуваного об'єкта, так і у його взаємодії із зовнішнім середовищем. Властивості об'єкта як цілісної системи визначаються не тільки і не стільки сумарними властивостями його окремих елементів чи підсистем, скільки специфікою його структури, особливими системотворчими зв'язками досліджуваного об'єкта.

Для вивчення внутрішніх і зовнішніх зв'язків об'єкта дослідження суттєве значення має ***моделювання.*** За його допомогою вивчаються ті процеси і явища, що не піддаються безпосередньому вивченню. Метод моделювання зарекомендував себе як ефективний засіб виявлення суттєвих ознак явищ та процесів за допомогою моделі (концептуальної, вербальної, математичної, графічної, фізичної тощо).

Під *моделлю* розуміють уявну або матеріальну систему, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, може замінити його так, що її вивчення дає нову інформацію про цей об'єкт.

Метод моделювання має таку структуру:

- постановка завдання;
- створення або вибір моделі;
- дослідження моделі;
- переведення знань з моделі на оригінал.

Активно використовуються в наукових дослідженнях ***кількісно-якісні*** методи, які сьогодні поширені в різних галузях науки. До них належать ***наукометрія, бібліометрія, інформетрія.***

Наукометрія є системою вивчення наукового, конструктивного знання за допомогою кількісних методів. Тобто в наукометрії вимірюються тільки ті об'єктивні кількісні закономірності, які справді визначають досягнутий наукою рівень її розвитку.

Бібліометрія - метод кількісного дослідження друкованих документів

у вигляді матеріальних об'єктів або бібліографічних одиниць, а також замінників тих чи інших. Бібліометрія дає змогу простежити динаміку окремих об'єктів науки: публікації авторів, їх розподіл за країнами, рубриками наукових журналів, рівень цитування та ін.

Інформетрія вивчає математичні, статистичні методи і моделі та їхнє використання для кількісного аналізу структури і особливостей наукової інформації, закономірностей процесів наукової комунікації, включаючи виявлення самих цих закономірностей. Характерною особливістю інформетрії є те, що її основна мета - здобуття наукового знання безпосередньо з інформації.

Пошуки методологічних основ дослідження здійснюються за такими напрямами:

- вивчення наукових праць відомих учених, які застосовували загальнонаукову методологію для вивчення конкретної галузі науки;
- аналіз наукових праць провідних учених, які одночасно із загальними проблемами своєї галузі досліджували питання даної галузі;
- узагальнення ідей науковців, які безпосередньо вивчали дану проблему;
- проведення досліджень специфічних підходів для вирішення цієї проблеми професіоналами-практиками, які не лише розробили, а й реалізували на практиці свої ідеї;
- аналіз концепцій у даній сфері наукової і практичної діяльності українських учених і практиків;
- вивчення наукових праць зарубіжних учених і практиків.

Отже, виходячи з методологічних основ наукового дослідження, необхідно чітко відповісти на запитання про: передбачувану провідну наукову ідею, сутність явища (об'єкта, предмета дослідження), суперечності, що виникають у процесі чи явищі, стадії, етапи розвитку (або тенденції). Це і становить наукову концепцію дослідження.

Концепція - це система поглядів, система опису певного предмета або явища, щодо його побудови, функціонування, що сприяє його розумінню, тлумаченню, вивченню головних ідей. Концепція має надзвичайне значення, оскільки є єдиним, визначальним задумом, головною ідеєю наукового дослідження.

2. Методи і техніка досліджень.

Стратегічні методологічні положення і принципи знаходять своє тактичне втілення в методах дослідження.

Метод (гр. *methodos)* - спосіб пізнання, дослідження явищ природи і суспільного життя. Це також сукупність прийомів чи операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, підпорядкованих вирішенню конкретного завдання. Різниця між методом та теорією має функціональний характер: формуючись як теоретичний результат попереднього дослідження, ме-

тод виступає як вихідний пункт та умова майбутніх досліджень.

У найбільш загальному розумінні метод - це шлях, спосіб досягнення поставленої мети і завдань дослідження. Він відповідає на запитання: як пізнавати.

Методика (гр. *methoditte)* - сукупність методів, прийомів проведення будь-якої роботи. Методика дослідження - це система правил використання методів, прийомів та операцій.

У науковому дослідженні часто застосовують метод критичного аналізу наукової і методичної літератури, практичного досвіду, як того потребує рівень методики і техніки дослідження. У подальшій роботі широко використовуються такі методи: спостереження, бесіда, анкетування, рейтинг, моделювання, контент-аналіз, експеримент та ін.

Вибір конкретних методів дослідження диктується характером фактичного матеріалу, умовами і метою конкретного дослідження. Методи є упорядкованою системою, в якій визначається їх місце відповідно до конкретного етапу дослідження, використання технічних прийомів і проведення операцій з теоретичним і фактичним матеріалом у заданій послідовності.

В одній і тій же науковій галузі може бути кілька методик (комплексів методів), які постійно вдосконалюються підчас наукової роботи. Найскладнішою є методика експериментальних досліджень, як лабораторних, так і польових. У різних наукових галузях використовуються методи, що збігаються за назвою, наприклад, анкетування, тестування, шкалювання, однак цілі і методика їх реалізації різні.

Класифікація методів розроблена слабо. Досить поширеним є поділ основних типів методів за двома ознаками: ***мети*** **і** ***способу реалізації.***

За першою ознакою виділяються так звані ***первинні методи,*** що використовуються з метою збору інформації, вивчення джерел, спостереження, опитування та ін. ***Вторинні методи*** використовуються з метою обробки та аналізу отриманих даних - кількісний та якісний аналіз даних, їх систематизація, шкалювання та ін. Третій тип представлений ***верифікаційними*** методами і прийомами, що дають змогу перевірити отримані результати. Вони зводяться також до кількісного та якісного аналізу даних на основі виміру співвіднесення постійних і змінних чинників.

За ознакою способу реалізації розрізняють ***логіко-аналітичні, візуальні та експериментально-ігрові методи.*** До перших належать традиційні методи *дедукції та індукції,* що різняться вихідним етапом аналізу. Вони доповнюють один одного і можуть використовуватися з метою верифікації - перевірки істинності гіпотез і висновків.

Візуальні, або графічні, методи - графи, схеми, діаграми, картограми та ін. дають змогу отримати синтезоване уявлення про досліджуваний об'єкт і водночас наочно показати його складові, їхню питому вагу, причинно-наслідкові зв'язки, інтенсивність розподілу компонентів у заданому об'ємі.

Ці методи тісно пов'язані з комп'ютерними технологіями.

Експериментально-ігрові методи безпосередньо стосуються реальних об'єктів, які функціонують у конкретній ситуації, і призначаються для прогнозування результатів. З ними пов'язаний цілий розділ математики - "теорія ігор".

Інколи методи поділяють на групи відповідно до їх функціональних можливостей: *етапні,* тобто пов'язані з певними етапами дослідження, й *універсальні,* які використовують на всіх етапах. До першої групи відносять спостереження, експеримент, а до другої - абстрагування, узагальнення, дедукцію та індукцію та ін.

Розрізняють методи теоретичних та емпіричних досліджень. Такий розподіл методів завжди умовний, оскільки з розвитком пізнання один науковий метод може переходити з однієї категорії в іншу.

Успіх наукового дослідження значною мірою залежить від уміння науковця вибрати найрезультативніші методи дослідження, оскільки саме вони дають можливість досягти поставленої в дисертації мети.

Методи наукового пізнання поділяють на ***загальні*** **й** ***спеціальні.***

Більшість соціальних проблем конкретних наук і навіть окремі етапи їх дослідження потребують застосування ***спеціальних*** методів вирішення. Вони мають специфічний характер і вивчаються, розробляються та вдосконалюються в конкретних, спеціальних науках. Вони ніколи не бувають довільними, оскільки визначаються характером досліджуваного об'єкта.

Загальні методи наукового пізнання, на відміну від спеціальних, використовуються в дослідницькому процесі в різноманітних науках.

Загальні методи наукового пізнання умовно поділяють на три групи:

- методи емпіричного дослідження (спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент);
- методи, що використовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях дослідження (абстрагування, аналіз і синтез, індукція і дедукція, моделювання та ін.);
- методи або методологія, що використовуються на теоретичному рівні дослідження (сходження від абстрактного до конкретного, системний, структурно - діяльнісний підхід).

Спостереження - систематичне цілеспрямоване вивчення об'єкта. Це найелементарніший метод, який є, як правило, складовою інших емпіричних методів. Щоб стати основою наступних теоретичних і практичних дій, спостереження мусить відповідати таким вимогам:

- задуманості заздалегідь (спостереження проводиться для певного, чітко поставленого завдання);
- планомірності (виконується за планом, складеним відповідно до завдання спостереження);

- цілеспрямованості (спостерігаються лише певні сторони явища, котрі викликають інтерес при дослідженні);
- активності (спостерігач активно шукає потрібні об'єкти, риси явища);
- систематичності (спостереження ведеться безперервно або за певною системою).

Спостереження, як метод пізнання, дає змогу отримати первинну інформацію про об'єкт дослідження у вигляді сукупності емпіричних тверджень.

Порівняння - один із найпоширеніших методів пізнання. Це процес встановлення подібності або відмінності предметів та явищ дійсності, а також знаходження загального, притаманного двом або кільком об'єктам.

Метод порівняння дасть результат, якщо відповідатиме таким основним вимогам:

- можна порівнювати лише ті явища, між якими є певна об'єктивна спільність;
- порівняння необхідно здійснювати за найсуттєвішими, найважливішими (в межах конкретного пізнавального завдання) рисами.

Інформацію про об'єкт можна отримати двома шляхами:

- безпосередній результат порівняння (первинна інформація);
- результат обробки первинних даних (вторинна інформація).

Найпоширенішим і найважливішим способом такої обробки є ***умовивід*** за аналогією. Об'єкти чи явища можуть порівнюватися безпосередньо або опосередковано через їх порівняння з будь-яким іншим об'єктом (еталоном). У першому випадку отримують якісні результати (більше-менше, вище-нижче). Порівняння ж об'єктів з еталоном надає можливість отримати кількісні характеристики. Такі порівняння називають вимірюванням.

Вимірювання - це процедура визначення числового значення певної величини за допомогою одиниці виміру. Цінність цієї процедури полягає в тому, що вона дає точні, кількісно визначені відомості про об'єкт. При вимірюванні необхідні такі основні елементи: об'єкт вимірювання, еталони, вимірювальні прилади, методи вимірювання.

Експеримент - це такий метод вивчення об'єкта, який пов'язаний з активним і цілеспрямованим втручанням дослідника в природні умови існування предметів і явищ або створенням штучних умов, необхідних для виявлення його відповідної властивості.

Експериментальне вивчення об'єктів порівняно зі спостереженням має такі переваги:

- у процесі експерименту можна вивчати явища у "чистому вигляді", звільнившись від побічних факторів, які затінюють основний процес;
- в експериментальних умовах можна дослідити властивості об'єктів;
- експеримент можна повторювати, тобто є можливість проводити

дослід стільки разів, скільки це необхідно.

Дослідження об'єкта проводиться поетапно: на кожному етапі застосовуються найдоцільніші методи відповідно до конкретного завдання. На етапі збору фактичного матеріалу і його первинної систематизації використовують методи ***опитування*** (анкетування, інтерв'ювання) і ***експертних оцінок,*** а також ***лабораторні експерименти*** (спостереження за документними джерелами інформації, тестування) і ***польові експерименти.***

Опитування дає змогу отримати як фактичну інформацію, так і оціночні дані. Вона проводиться в усній або письмовій формі. При створенні анкети або плану інтерв'ю важливо сформулювати запитання так, щоб вони відповідали поставленій меті. Анкета може включати декілька блоків питань, пов'язаних не лише з рівнем періодичності використання тих чи інших засобів, а й оцінкою об'єкта дослідження.

Різновидом вибіркового опитування є ***тестування,*** яке проводиться з метою виявлення суттєвих ознак об'єкта, засобів його функціонування, використовується в лабораторних експериментах, коли масове опитування через анкетування неможливе. Тестування інколи проводять двічі - на початковому етапі дослідження, де воно виконує діагностичну функцію, і при завершенні дослідження, де воно виконує верифікаційну функцію. Тести складають так, щоб однозначно виявити ті чи інші властивості опитуваних. При цьому слід дотримуватися принципу ***репрезентативності*** - достатності фактичного матеріалу.

Метод експертних оцінок використовується для отримання змінних емпіричних даних. Проводиться опитування спеціальної групи експертів (5 - 7 осіб) з метою визначення певних змінних величин, які необхідні для оцінки досліджуваного питання. Експерти підбираються за ознакою їх формального професійного статусу - посади, наукового ступеня, стажу роботи та ін.

На другому етапі дослідження, методи, що використовують, мають інше цільове призначення - обробку отриманих даних, встановлення залежності кількісних та якісних показників аналізу, інтерпретацію їхнього змісту. Вибір і послідовність методів визначаються послідовністю обробки даних.

На даному етапі широко використовуються методи статистичного аналізу: кореляційний, факторний аналіз, метод імплікаційних шкал та ін.

Кореляційний аналіз - це процедура для вивчення співвідношення між незалежними змінними. Зв'язок між цими величинами виявляється у взаємній погодженості спостережуваних змін. Обчислюється коефіцієнт кореляції. Чим вищим є коефіцієнт кореляції між двома змінними, тим точніше можна прогнозувати значення однієї з них за значенням інших.

Факторний аналіз дає можливість встановити багатомірні зв'язки змінних величин за кількома ознаками. На основі парних кореляцій, отриманих у результаті кореляційного аналізу, одержують набір нових, укрупнених ознак - факторів. У результаті послідовної процедури отримують фактори

другого, третього та інших рівнів. Факторний аналіз дає змогу подати отримані результати в узагальненому вигляді.

Метод імплікаційних шкал - це наочна форма виміру та оцінки отриманих даних, які градуюються за кількістю або інтенсивністю ознак. Шкали класифікуються за типами або рівнем виміру. Прості шкали дають однозначну оцінку тієї чи іншої ознаки. Серію шкал (так звану батарею) можна перетворити в єдину шкалу значень окремих ознак. Ця процедура називається ***шкалюванням.***

До методів, що застосовують на емпіричному й теоретичному рівнях досліджень, відносять, як правило, абстрагування, аналіз і синтез, моделювання та ін.

Абстрагування має в розумовій діяльності універсальний характер, оскільки кожний крок думки пов'язаний саме з цим процесом або з використанням його результатів. Зміст цього методу полягає в уявному відході від несуттєвих властивостей, зв'язків, відношень предметів і в одночасному виділенні, фіксуванні однієї чи кількох найважливіших рис, які особливо цікавлять дослідника.

Розрізняють процес абстрагування і результат абстрагування, що називається ***абстракцією.*** **Під** ***результатом абстрагування*** розуміють знання про деякі сторони об'єктів. ***Процес абстрагування*** - це сукупність операцій, які приводять до отримання такого результату (абстракції). Абстрагування дає змогу замінити у пізнанні складне простим, але таким простим, яке відбиває основне в цьому складному.

Процес абстрагування в системі логічного мислення тісно пов'язаний з іншими методами дослідження і передусім **з *аналізом* і *синтезом.***

Аналіз - це метод пізнання, який дає змогу поділити предмет на частини. **Синтез,** навпаки, є наслідком з'єднання окремих частин чи рис предмета в єдине ціле.

Аналіз та синтез взаємопов'язані, вони являють собою єдність протилежностей. Залежно від рівня пізнання об'єкта та глибини проникнення в його сутність застосовуються аналіз і синтез різного роду.

Прямий, **або** ***емпіричний*** аналіз і синтез використовуються на стадії поверхового ознайомлення з об'єктом. При цьому здійснюється виділення окремих частин об'єкта, виявлення його властивостей, проводяться найпростіші вимірювання, фіксація безпосередніх даних, що лежать на поверхні. Цей вид аналізу і синтезу дає можливість пізнати явище, однак для проникнення в його сутність він недостатній.

Зворотний, **або** ***елементарно-теоретичний*** аналіз і синтез широко використовуються для вивчення сутності досліджуваного явища. Тут операції аналізу і синтезу базуються на деяких теоретичних міркуваннях, тобто припущеннях і причинно-наслідкових зв'язках різноманітних явищ.

Найглибше проникнути в сутність об'єкта дає змогу ***структурно-генетичний*** аналіз і синтез. При цьому поглиблено вивчають причинно-наслідкові зв'язки. Цей тип аналізу і синтезу потребує виділення в складному явищі таких елементів, таких ланцюгів, які є центральними, головними, що вирішальне впливають на всі інші сторони об'єкта.

До методів теоретичного дослідження слід віднести метод сходження від абстрактного до конкретного. ***Сходження від абстрактного до конкретного*** - це загальна форма руху наукового пізнання, закон відображення дійсності і мислення. Згідно з цим методом мислення бере свій початок від конкретного в дійсності до абстрактного в мисленні і від нього - до конкретного в мисленні.

Метод ***ідеалізації*** - конструювання подумки об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні. Мета ідеалізації: позбавити реальні об'єкти деяких притаманних їм властивостей і наділити (подумки) ці об'єкти певними нереальними і гіпотетичними властивостями. При цьому мета досягається завдяки:

- багатоступінчастому абстрагуванню;
- переходу думки до кінцевого випадку розвитку якоїсь властивості;
- простому абстрагуванню.

Формалізація - метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі за допомогою штучних мов, наприклад мовою математики.

Переваги формалізації:

- забезпечує узагальненість підходу до вирішення проблем;
- символіка надає стислості та чіткості фіксації значень;
- однозначність символіки (уникаємо багатозначності звичайної мови);
- дає змогу формувати знакові моделі об'єктів і замінювати вивчення реальних речей і процесів вивченням цих моделей.

Аксіоматичний метод - метод побудови наукової теорії, за якою деякі твердження приймаються без доведень, а всі інші знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил.

Текст наукової праці відрізняється від будь-якого іншого передусім своєю ***логічністю.*** Більшість помилок, яких припускаються автори наукових робіт, описуючи хід дослідження, зводяться до порушення вимог того чи іншого логічного закону: закону тотожності, закону протиріччя, закону виключення третього і закону достатньої підстави. Тому є сенс розглянути ці закони ґрунтовніше.

Оскільки в науковому тексті використовуються поняття і судження, очевидно, що саме ці смислові одиниці мають відповідати вимогам визначеності. Ця вимога знаходить своє відбиття в ***законі тотожності,*** згідно з

яким предмет думки в межах одного міркування має лишатися незмінним.

Цей закон потребує, щоб у повідомленні всі поняття і судження мали однозначний характер, виключали багатозначність і невизначеність. Це не просто, оскільки в тексті треба досягти єдності змісту і словесної форми. Відомо, що зовнішньо однакові словесні конструкції можуть мати різний зміст і, навпаки, одну і ту ж думку можна висловити по-різному. Перше явище називають ***омонімією,*** друге - ***синонімією.*** Омонімія робить можливим неправомірне ототожнення об'єктивно різного, синонімія - помилкове розрізнення тотожного.

Ототожнення різноманітних понять зумовлює одну з найхарактерніших логічних помилок у науковому тексті - підміну понять. Сутність цієї помилки полягає в тому, що замість даного поняття і під впливом його використовують інші поняття. При цьому така підміна може бути як несвідомою, так і навмисною. Підміна понять означає підміну предмета опису. Опис у цьому разі стосується різних предметів, хоч вони будуть помилково вважатися за один предмет.

Вимогу несуперечливості мислення містить ***закон протиріччя.*** Згідно з цим законом не можуть бути одночасно істинними два висновки, один із яких щось стверджує, а другий заперечує те саме. Закон стверджує: "неправильно, що А і не *А* одночасно істинні".

Основою закону протиріччя є якісна визначеність речей і явищ, відносна стійкість їх властивостей. Відбиваючи цю сторону дійсності, закон протиріччя вимагає, щоб у процесі розмови не припускалися суперечних тверджень. Якщо, наприклад, предмет А має певну властивість, то в судженні про цей предмет треба стверджувати цю властивість, а не заперечувати її.

Закон протиріччя для наукового дослідження має велике значення. Його свідоме використання допомагає виявити і ліквідувати протиріччя в поясненні фактів і явищ, виробити критичне ставлення до будь-якого роду неточностей і непослідовностей в отриманій інформації.

Закон протиріччя найчастіше використовується в доказах: якщо встановлено, що одне з протирічних суджень істинне, то звідси випливає, що друге судження помилкове. Виявлення протиріччя є вагомим аргументом проти будь-яких необґрунтованих тверджень.

У науковій діяльності слід зважати на ***закон виключення третього.*** Цей закон стверджує, що з двох суперечливих суджень одне помилкове, а друге істинне. Третього не дано. Він виражається формулою: "А є або *В,* або не *В".* Наприклад, якщо правильним є судження "Наша академія є державним навчальним закладом", то судження "Наша академія не є державним навчальним закладом" - помилкове. Цей закон не діє у відношенні до протилежних суджень, якщо кожне з них не просто заперечує інше, а повідомляє додаткову інформацію.

Важливість закону виключення третього для здійснення наукової дія-

льності полягає в тому, що він вимагає додержання послідовності у викладенні наукових фактів і не допускає суперечностей. Такий закон формулює важливу вимогу до наукового працівника: не можна відходити від визнання одного з двох суперечливих одне одному суджень і шукати щось третє між ними. Якщо одне з них визнано істинним, то друге є помилковим, а третього твердження немає, тому що третього не дано.

Важливість дотримання закону виключення третього для науковців полягає і в тому, що він потребує від них чітких, певних відповідей, вказує на неможливість пошуку чогось середнього між ствердженням чого-небудь і запереченням того ж самого.

Вимогу доказовості наукових висновків, обґрунтованості суджень виражає закон ***достатньої підстави,*** який формулюється таким чином: будь-яка слушна думка дає достатньо підстав.

Достатньою підставою для будь-якої думки може бути інша думка, з якої безумовно випливає істинність даної думки. Під одне і те ж твердження можна підвести безліч підвалин. Однак лише деякі з них можна розглядати як достатні, якщо дане твердження істинне. І кожне з них не буде достатнім, якщо воно неправильне.

Таким чином, згідно з законом достатньої підстави судження, що використовується в науковій роботі, перш ніж бути прийнятим за істину, має бути обґрунтованим. У всіх випадках, коли стверджують щось або переконують у чомусь, слід доводити правильність суджень, наводити достатні підстави, підтверджуючи істинність висловлювань. Фіксуючи увагу дослідника на висловлюваннях, які обґрунтовують істинність положень, що висуваються, цей закон допомагає відокремити істину від помилки і дійти слушного висновку.

Головне в науковому дослідженні - ***вміння довести свої судження і спростувати*** (якщо необхідно) ***докази опонентів.*** Аргументування, побудоване за законами логіки, допомагає вченому вирішити це завдання.

Аргументування - це логічний процес, суть якого полягає в тому, щоб довести істинність власних суджень (того, що хочемо довести, тези доказу) за допомогою інших суджень (тобто аргументів, доказів).

Аргументація досягає мети, якщо слушно сформульовано ***предмет доказу*** і правильно підібрано ***аргументи.*** Основні правила формулювання предмета доказу такі.

Перше-тезу доказу слід формулювати так, щоб не виникало двозначності.

Друге - доказ тези слід залишати незмінним, тобто він повинен доводити один і той же висновок, положення.

Третє - слід тримати під постійним контролем основну думку і хід міркування, послідовний зв'язок основних висновків, положень.

Для того, щоб аргументи були переконливими, до них висуваються та-

кі вимоги:

- аргументами можуть служити лише положення, істинність яких була доведена, або вони взагалі ні в кого не викликають сумніву, тобто аргументи мають бути ***істинними;***
- аргументи слід довести незалежно від тези, тобто дотримуватися правила їх ***автономного обґрунтування;***
- аргументи не мають бути ***суперечливими;***
- аргументи мають бути ***достатніми.***

Помилкою є як недостатність аргументів, так і надмірність доказів. Слід дотримуватися логічного зв'язку між аргументами і тезами.

Часто в науковій праці доводять не істинність, а помилковість, хибність суджень або неправильність доказів інших дослідників через установлення хибності або необґрунтованість їхніх тверджень.

Спростування можна здійснювати трьома основними способами: критикою тези, критикою аргументів і критикою демонстрації.

Перший спосіб - ***критика (спростування) тези*** полягає в доказі необґрунтованості (хибності або помилковості) виставленої опонентом тези. Спростування такого твердження може бути прямим або опосередкованим.

Пряме спростування формулювання у вигляді міркування, яке отримало назву "зведення до абсурду". Аргументація в цьому разі будується таким чином: спочатку умовно припускається істинність висунутого опонентом положення і з нього логічно виводять можливі наслідки.

Розмірковують при цьому приблизно так: припустимо, що теза опонента є істинною, тоді з неї випливають певні наслідки. Якщо при порівнянні наслідків з фактами виявиться, що вони суперечать об'єктивним даним, то аргументи визнають необґрунтованими. На цій основі робиться висновок про хибність і самої тези, оскільки хибні наслідки завжди свідчать про хибність основи. За допомогою прямого спростування доводять необґрунтованість тези опонента, не висуваючи ніякої ідеї на заміну.

Посереднє, **або** ***опосередковане,*** спростування будується іншим чином. Опонент може не аналізувати тезу протилежної сторони, не перевіряти ні аргументів, ні доказів. Він зосереджує увагу на докладному і всебічному обґрунтуванні власної тези. Якщо аргументація ґрунтовна, робиться висновок про хибність тези опонента. Такий доказ хибності тези можливий у тому разі, якщо теза і антитеза регулюються принципом "третього не дано", тобто істинним може бути лише одне з двох тверджень.

Другий спосіб спростування - ***критика аргументів.*** Він передбачає використання таких доказів, істинність яких не викликає сумнівів. Якщо опоненту вдається довести хибність або сумнівність аргументів, то звідси випливає необґрунтованість тези. Критика аргументів може виявлятися в тому, що опонент указує на неточний виклад фактів, двозначність узагаль-

нення статистичних даних, висловлює сумнів в авторитетності експерта, на висновок якого посилається тощо.

Критика демонстрації - третій спосіб спростування. У цьому разі доводять, що в міркуваннях опонента немає логічного зв'язку між аргументами і тезою. Коли теза не випливає з аргументів, вона вважається необґрунтованою і потребує нової аргументації.

Такі основні правила аргументування, побудовані на використанні основних правил доказу і спростування. Тільки дотримуючись їх, можна успішно вести полеміку в науковій праці.

Методологічна база наукового дослідження - це принципова позиція дослідника. Важливо точно її визначити за такою схемою: положення таке-то обґрунтоване тим-то, тоді-то. Такі посилання звільнять дослідника від додаткових доказів методологічних засад конкретного наукового дослідження.

3. Суть і особливості методик теоретичних та експериментальних досліджень.

Як експериментальні, так і теоретичні дослідження проводять у відповідності з попередньо розробленою та відповідним чином **затвердженою** програмою і методикою.

Цей документ повинен починатися з титульного листа, на якому вказують в рамках якої програми, теми та проекту виконується робота.

Назва розділу досліджень, строки його виконання, виконавці та співвиконавці подаються на новій сторінці. Далі матеріал може викладатися у такій послідовності:

- мета досліджень;
- програма досліджень на поточний рік;
- очікувані результати на кінець поточного року;
- об’єкт (об’єкти) досліджень;
- методика досліджень;
- вимірювані параметри, прилади та обладнання;
- методика оброблення отриманих даних;
- календарний план роботи на поточний рік;
- інформація про наявність приладів та обладнання, необхідних для проведення досліджень;
- підписи виконавців і співвиконавців.

Програма досліджень може включати розробку як теоретичних, так і експериментальних питань. Формулювання останніх має бути лаконічним і конкретним.

Об’єкти досліджень бажано вказати по кожному пункту програми-методики. Це можуть бути машини, знаряддя або їх робочі органи, МТА, математичні моделі тощо.

Методику досліджень пишуть по кожному програмному питанню окремо. В цьому параграфі вказують, що саме і як буде виконуватись. Послідовність виконання дослідної роботи викладають так чітко, щоб її організацію міг здійснити не тільки відповідальний виконавець, а й рядові наукові співробітники.

При проведенні теоретичних досліджень бажано вказати на основі яких положень чи законів буде розроблятись відповідні моделі чи аналітичні залежності. При виконанні лабораторних чи лабораторно - польових робіт описують ґрунтові чи інші умови, передбачаємі режими руху тощо.

По кожному пункту програми-методики досліджень слід не лише перерахувати необхідні прилади і обладнання, а й вказати яким чином треба здійснювати їх тарування.

Отримані дані теоретичних та експериментальних досліджень слід відповідним чином обробити і підготувати для представлення. Виконавець повинен знати, а читач - розуміти, яким чином це здійснювати. Виходячи з цього, розробкою методики оброблення даних досліджень (як експериментальних, так і теоретичних!) нехтувати не можна.

Що стосується календарного плану робіт, то він повинен відображати усі їх основні етапи на протязі поточного року. В цьому плані прийнято передбачити проведення патентно - ліцензійного пошуку, який до речі, слід теж оформляти звітом за відповідно стандартизованою формою. Обов’язково планується етап підготовки обладнання, приладів тощо, необхідних для проведення досліджень. Планується час на оброблення отриманих даних та написання річного звіту.

При організації експерименту будь-якого виду слід дотримуватися єдиних вимог, проводити його ***на основі теорії.*** І це стосується всіх його складових: постановки мети, завдань та інтерпретації результатів від фіксації стану об'єкта до експерименту, визначення експериментальних умов, виявлення можливостей впливу експериментальних змінних, оцінки стану об'єкта до і після експерименту.

Необхідно бути впевненим у тому, що вибрана методика відповідає сучасному рівню науки та умовам, в яких виконується дослідження, і в тому, що вона практично може застосовуватися.

Нижче подається приклад програми-методики, яка включає програмні питання як експериментального, так і теоретичного характеру.

4. Методика отримання та обробки одержаної інформації.

У прикладному науковому дослідженні передусім важливо визначити ***обсяг вибірки,*** тобто число вимірювань. Вибірка має бути ***оптимальною,***

або ***репрезентативною,*** тобто такою, яка б відображала всі характерні особливості генеральної сукупності.

Достатньо репрезентативним вважається вибірковий параметр, для якого гранична помилка не перевищує 5 %. Збільшення обсягу вибірки підвищує точність дослідження через зменшення випадкових помилок, а зменшення обсягу вибірки економить час, кошти, людські ресурси, однак зменшує ймовірність отримання точних результатів. Необхідно вибирати "золоту середину". Для цього користуються формулами і таблицями, за допомогою яких можна визначити *мінімальний* обсяг вибіркової сукупності, виходячи з обсягу генеральної сукупності та прийнятого рівня значущості залежно від типу вибірки.

Досить предметно процес вибору обсягу та кроку відповідної вибірки описано в роботах [4, 5].

Для дослідника дуже важливим є питання: як отримати максимум інформації під час проведення експерименту. Тут потрібно зосередити увагу на двох питаннях:

1) як правильно побудувати дослідження, щоб не загубити інформацію;
2) як отримати всю доступну інформацію під час аналізу даних.

Слід перш за все засвоїти, що в кожному експерименті ми отримуємо два сорти даних - з одного боку ті, які відображають загальні закономірності вивчає мого процесу, а з другого - ті, що відображають індивідуальність кожного конкретного результату. Оскільки важливими є і ті, і другі, то вся інформація, отримана під час проведення експерименту, повинна дуже ретельного аналізуватися і обговорюватися. Поверхневого поділу даних на годні і негодні слід уникати.

Зупинимося на найбільш частих причинах, які приводять до втрати інформації, яку можуть дати дослідження. Перш за все це грубі виміри та розрахунки. Сюди, до речі, відносяться і занадто грубі округлення величин при розрахунках та використання констант і даних з погрішностями, які не відповідають бажаній точності досліджень. І насамкінець - недостатня чутливість вимірювальних приладів. Слід пам’ятати, що у випадку грубих вимірів втрачається найважливіша частина інформації.

Другою причиною втрати інформації може бути відсутність паралельних вимірів в кожному із дослідів. Знання дисперсії розсіювання результатів - важлива інформація про ступінь і неоднорідність залишків.

Зневага вимог рандомізації також загрожує втратою інформації, оскільки при цьому в деякі дані вноситься систематична похибка, яка й породжує невизначеність результатів. В кінцевому рахунку це може привести до помилкових висновків.

Інколи деякі дослідники вважають, що краще зробити виміри, наприклад, в трьох різних точках замість проведення трьох паралельних вимірів в одній і тій же точці. Але при цьому часто виявляється, що із-за великої пог-

рішності експерименту вимірив різних точках фактично співпадають. Інколи в різних точках дані відрізняються, але їх значини знаходяться в межах одного і того ж довірчого інтервалу. У зв'язку з цим слід пам'ятати, що чим складніше вивчаємо явище, тим важливіші дані щодо відповідних дисперсій.

Під час аналізу даних треба враховувати багатозначність висновків, які, в принципі, можна зробити на їх основі. Всі можливі варіанти висновків на початку аналізу повинні розглядатися як рівноправні. Одні і ті ж числові та смислові результати можуть приймати участь в різних залежностях.

Однак, може статися, що одні і ті ж данні можна з однаковим успіхом використовувати для взаємно протилежних висновків або для погано погоджених між собою умовиводів. В принципі це повинно насторожити дослідника, але не повинно його лякати. В любому випадку корисно звернутися до аналізу подібних результатів, у сумнівному - тим більше. При цьому рекомендується використовувати результати аналогічних досліджень, проведених іншими авторами.

Вихідною процедурою аналізу даних є компонування результатів для представлення їх в зручній компактній формі.

Наступним кроком є пошук закономірностей, тобто того загального, що об'єднує (характеризує) весь масив даних. Це можна здійснити, наприклад, методами регресійного аналізу або шляхом побудови емпіричних чи математичних моделей процесу. такі модулі випливають із аналізу форми експериментальних кривих, тобто зв'язані з методикою регресійного аналізу.

Серед експериментальних даних досить часто з'являються такі, які виглядають як аномальні (промахи). Досліднику слід навчитись находити емпіричні закономірності при наявності великої кількості промахів. Іншими словами, він повинен вміти будувати експериментальні криві при значному випадковому розкиді даних.

Для цього використовують так зване *згладжування.* В цьому випадку враховуються всі отримані експериментальні точки.

Раптовим може виявитися не один чи кілька ізольованих результатів, які випадають із загальної закономірності, а підсумок всієї серії досліджень. Джерелом такої аномалії частіше всього є систематична похибка. Вона не обов'язково зв'язана з технікою виконання експерименту. Однією із причин може бути неправильна вибрана методика досліджень тощо.

З метою запобігання помилок в ситуаціях такого типу рекомендується застосовувати різні методи перевірок (використовувати кілька незалежних методик досліджень, проводити дослідження в умовах, вивчених раніше тощо). Якщо після всіх перевірок виявлена аномалія не зникає, слід заново ґрунтовно проаналізувати загальні уявлення про фізичну природу процесу, який вивчається і аналізується.

Література

1. Шейко В.М., Кушнаренко Н.М. Організація та методика науково –

дослідницької діяльності. – К.: Знання-Прес, 2003. – 295 с.

2. Основы научных исследований: Учебное пособие для технических вузов / Под ред. В.И.Крутова, В.В.Попова.- М.: Высшая школа, 1989.- 400 с.

3. Основы научных исследований: Учебное пособие/ А.А.Лудченко, Я.А.Лудченко, Т.А.Примак.- К.:О-во «Знання», КОО, 2000.- 114 с.

4. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Колос, 1975.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Романенко В.Н., Орлов А.Г., Никитина Г.В. Книга для начинающего исследователя-химика. - Л.: Химия, 1987. - 280 с.

Лекція 6 **МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

1. Класифікація, типи і завдання експерименту

Найважливішою складовою частиною наукових, досліджень є експеримент, основою якого є науково поставлений досвід з умовами, що точно враховуються і керованими. Само слово експеримент походить від латів. experimentum — проба, досвід. У науковій мові і дослідницькій роботі термін «експеримент» зазвичай використовується в значенні, загальному для цілого ряду зв'язаних понять: дослід, цілеспрямоване спостереження, відтворення об'єкту пізнання, організація особливих умов його існування, перевірка, передбачення. У це поняття вкладається наукова постановка дослідів і спостереження досліджуваного явища в умовах, що точно враховуються, явищ, що дозволяють стежити за ходом, і відтворювати його кожного разу при повторенні цих умов. Само по собі поняття «експеримент» означає дію, направлену на створення умов в цілях здійснення того або іншого явища і по можливості найбільш частого, тобто не ускладнюваного іншими явищами. Основною **метою** експерименту є

- виявлення властивостей досліджуваних об'єктів,
- перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке і глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Постановка і організація експерименту визначаються його призначенням. Експерименти, які проводяться в різних галузях науки, є хімічними, біологічними, фізичними, психологічними, соціальними і тому подібне Вони розрізняються за способом формування умов (природних і штучних); по цілях дослідження (що перетворюють, констатуючі, контролюючі, пошукові, вирішальні); по організації проведення (лабораторні, натурні, польові, виробничі і т. п.); по структурі об'єктів, що вивчаються, і явищ (прості, складні); по характеру зовнішніх дій на об'єкт дослідження (речові, енергетичні, інформаційні); по характеру взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження (звичайний і модельний); за типом моделей, досліджуваних в експерименті (матеріальний і уявний); по контрольованих величинах (пасивний і активний); по числу варійованих чинників (одинфакторний і багатофакторний); об'єктів, що по характеру вивчаються,

або явищ (технологічні, социометрические) і тому подібне

За галузями науки: 1. Хімічні 2. Біологічні 3. Фізичні 4. Психологічні 5. Соціальні. **Способи формування умов:** 1. Природні 2. Штучні **За метою дослідження:** Перетворюючі Констатуючі Контролюючі Пошукові Вирішальні **Організацією проведення** Лабораторні Натурні Польові Виробничі **Структурі об’єктів що вивчаються** Прості Складні	**Характер зовнішніх дій на об'єкт дослідження** Речові Енергетичні Інформаційні **По характеру взаємодії засобу дослідження з об’єктом** Звичайний Модельний **За типом моделей** Матеріальний Уявний (розумовий) **За контрольованими величинами** Пасивний Активний **За числом варійованих чинників** Однофакторний Багатофакторний **За характером об’єктів або явищ** Технологічні Соціометричні

З числа названих ознак природний експеримент передбачає проведення дослідів в природних умовах існування об'єкту дослідження (найчастіше використовується в біологічних, соціальних, педагогічних і психологічних науках).

Штучний експеримент передбачає формування штучних умов (широко застосовується в природних і технічних науках). Перетворюючий (творчий) експеримент включає активну зміну структури і функцій об'єкту дослідження відповідно до висунутої гіпотези, формування нових зв'язків і стосунків між компонентами об'єкту або між досліджуваним об'єктом і іншими об'єктами. Дослідник відповідно до розкритих тенденцій розвитку об'єкту дослідження навмисно створює умови, які повинні сприяти формуванню нових властивостей і якостей об'єкту, Констатуючий експеримент використовується для перевірки певних припущень. В процесі цього експерименту констатується наявність певного зв'язку між дією на об'єкт дослідження і результатом, виявляється наявність певних фактів. Контролюючий експеримент зводиться до контролю за результатами зовнішніх дій на

об'єкт дослідження з врахуванням його стану, характеру дії і очікуваного ефекту. Пошуковий експеримент проводиться в тому випадку, якщо утруднена класифікація чинників, що впливають на явище, що вивчається, унаслідок відсутності достатніх попередніх (апріорних) даних. За результатами пошукового експерименту встановлюється значущість чинників, здійснюється відсіювання незначимих. Вирішальний експеримент ставиться для перевірки справедливості основних положень фундаментальних теорій у тому випадку, коли дві або декілька гіпотез однаково узгоджуються з багатьма явищами. Ця згода наводить до скрути, яку саме з гіпотез вважати правильною. Вирішальний експеримент дає такі факти, які узгоджуються з однією з гіпотез і противоречат інший. Прикладом вирішального експерименту служать досліди по перевірці справедливості Ньютонівської теорії виділення світла і хвилеподібної теорії Тюйгенса. Ці досліди були поставлені французьким вченим Фуко (1819—1868). Вони стосувалися питання про швидкість поширення світла усередині прозорих тіл. Згідно гіпотезі виділення, швидкість світла усередині таких тіл має бути більше, ніж в порожнечі. Але Фуко своїми дослідами довів зворотне, тобто що в менш щільному середовищі швидкість світла велика. Цей досвід Фуко і був тим вирішальним досвідом, який вирішив суперечку між двома гіпотезами (в даний час гіпотеза Гюйгенса замінена електромагнітною гіпотезою Максвелла). Іншим прикладом вирішального експерименту може служити суперечка між Птолемеєм і Коперником про рух Землі. Вирішальний досвід Фуко з маятником остаточно вирішив суперечку на користь теорії Коперника.

Лабораторний експеримент проводиться в лабораторних умовах із застосуванням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, устаткування і так далі Найчастіше в лабораторному експерименті вивчається не сам об'єкт, а його зразок. Цей експеримент дозволяє доброякісно, з необхідною повторністю вивчити вплив одних характеристик при варіюванні інших, отримати хорошу наукову інформацію з мінімальними витратами часу і ресурсів. Проте такий експеримент не завжди повністю моделює реальний хід процесу, що вивчається, тому виникає потреба в проведенні натурного експерименту. Натурний експеримент проводиться в природних умовах і на реальних об'єктах. Цей вигляд експерименту часто використовується в процесі натурних випробувань виготовлених систем. Залежно від місця проведення випробувань натурні експерименти підрозділяються на виробничі, польові, полігонні, напівнатурні і тому подібне Натурний експеримент завжди вимагає ретельного продумування і планерування, раціонального підбору методів дослідження. Практично у всіх випадках основна наукова проблема натурного експерименту — забезпечити достатню відповідність (адекватність) умов експерименту реальної ситуації, в якій працюватиме згодом створюваний об'єкт. Тому центральними завданнями, натурного експерименту є: вивчення характеристик дії середовища на випробовуваний об'єкт; ідентифікація статистичних і динамічних параметрів об'єкту; оцінка ефективності функціонування об'єкту і перевірка його на відповідність заданим вимогам.

Експерименти можуть бути відкритими і закритими, вони широко поширені в психології, соціології, педагогіці. У відкритому експерименті його завдання відкрито пояснюються випробовуваним, в закритому — в цілях здобуття об'єктивних даних ці завдання ховаються від випробовуваного. Будь-яка форма відкрито-

го експерименту впливає (часто активізує) на суб'єктивну сторону поведінки випробовуваних. В зв'язку з цим відкриттів експеримент доцільний лише тоді, коли є можливість і достатня упевненість в тому, що удасться викликати у випробовуваного живу участь і суб'єктивну підтримку намічаній роботі. Закритий експеримент характеризується тим, що його ретельно маскують; випробовуваний не здогадується про експеримент, і робота протікає зовні в природних умовах. Такий експеримент не викликає у випробовуваних підвищеної настороженості і зайвого самоконтролю, прагнення поводитися не так, як зазвичай. Простий експеримент використовується для вивчення об'єктів, що не мають розгалуженої структури, з невеликою кількістю взаємозв'язаних і взаємодіючих елементів, що виконують прості функції. У складному експерименті вивчаються явища або об'єкти з розгалуженою структурою (можна виділити ієрархічні рівні) і великою кількістю взаємозв'язаних і взаємодіючих елементів, що виконують складні функції. Висока міра зв'язності елементів наводить до того, що зміна стану якого-небудь елементу або зв'язку спричиняє за собою зміну стану багатьох інших елементів системи. У складних об'єктах дослідження можлива наявність декількох різних структур, декількох різних цілей. Але все таки конкретний стан складного об'єкту може бути описаний. У дуже складному експерименті вивчається об'єкт, стан якого по тих або інших причинах до цих пір не удається детально і точно описати. Наприклад, для опису потрібний більше часу, ніж те, яке має в своєму розпорядженні дослідник між змінами станів об'єкту або коли сучасний рівень знань недостатній для проникнення в істоту зв'язків об'єкту (або вони незрозумілі).

Інформаційний експеримент використовується для вивчення дії певної (різною за формою і змістом) інформації на об'єкт дослідження (найчастіше інформаційний експеримент використовується в біології, психології, соціології, кібернетиці і тому подібне). За допомогою цього експерименту вивчається зміна стану об'єкту дослідження під впливом інформації, що повідомляється йому.

Речовий експеримент передбачає вивчення впливу різних речових чинників на стан об'єкту дослідження. Наприклад, вплив різних добавок на якість стали і тому подібне Енергетичний експеримент використовується для вивчення дії різних видів енергії (електромагнітною, механічною, тепловою і так далі) на об'єкт дослідження. Цей тип експерименту широко поширений в природних павуках. Звичайний (або класичний) експеримент включає експериментатора як суб'єкта, що пізнає; об'єкт або предмет експериментального дослідження і засоби (інструменти, прилади, експериментальні установки), за допомогою яких здійснюється експеримент. У звичайному експерименті експериментальні засоби безпосередньо взаємодіють з об'єктом дослідження. Вони є посередниками між експериментатором і об'єктом дослідження. Модельний експеримент на відміну від звичайного має справу з моделлю досліджуваного об'єкту. Модель входить до складу експериментальної установки, заміщаючи не лише об'єкт дослідження, але часто і умови, в яких вивчається деякий об'єкт. Модельний експеримент при розширенні можливостей експериментального дослідження одночасно має і ряд недоліків, пов'язаних з тим, що відмінність між моделлю і реальним об'єктом може стати джерелом помилок і, крім того, екстраполяція результатів вивчення поведінки моделі на модельований об'єкт вимагає додаткових витрат часу і теоретичного обгрунту-

вання правомочності такої екстраполяції.

Відмінність між знаряддями експерименту при моделюванні дозволяє виділити уявний і матеріальний експеримент. Знаряддями уявного (розумового) експерименту є уявні моделі досліджуваних об'єктів або явищ (плотські образи, образно-знакові моделі, знакові моделі). Для позначення уявного експерименту інколи користуються термінами: експеримент, що ідеалізується або уявний. Уявний експеримент є одній з форм розумової діяльності суб'єкта, що пізнає, в процесі якої відтворюється в уяві структура реального експерименту. Структура уявного експерименту включає: побудова уявної моделі об'єкту дослідження, умов експерименту і дій, що ідеалізуються, на об'єкт; свідома і планомірна зміна, комбінування умов експерименту і дій на об'єкт; свідоме і точне вживання на всіх стадіях експерименту об'єктивних законів науки, завдяки чому виключається абсолютне свавілля. В результаті такого експерименту формуються виводи.

Матеріальний експеримент має аналогічну структуру. Проте в матеріальному експерименті використовуються матеріальні, а не ідеальні об'єкти дослідження. Основна відмінність матеріального експерименту від уявного в тому, що реальний експеримент є формою об'єктивного матеріального зв'язку свідомості із зовнішнім світом, тоді як уявний експеримент є специфічною формою теоретичної діяльності суб'єкта. Схожість уявного експерименту з реальним значною мірою визначається тим, що всякий реальний експеримент, перш ніж бути здійсненим на практиці, спочатку проводиться людиною в думках в процесі обдумування і планерування. Тому уявний експеримент незрідка виступає в ролі ідеального плану реального експерименту, у відомому сенсі передуючи йому.

Уявний експеримент має ширшу сферу вживання, чим реальний експеримент, оскільки застосовується не лише при підготовці і планеруванні останнього, але і в тих випадках, коли проведення реальних дослідів представляється неможливим. Так, Галлілей в уявному експерименті прийшов до виводу про існування руху за інерцією, що перевернув арістотелівську точку зору, згідно якої рухоме тіло зупиняється, якщо сила", що його штовхає, припиняє свою дію. Цей вивід міг бути отриманий лише за допомогою уявного експерименту. Із цього приводу А. Ейнштейн говорив наступне: «Ми бачили, що закон інерції не можна вивести безпосередньо з експерименту, його можна вивести лише умоглядно — мисленням, пов'язаним із спостереженням. Цей експеримент ніколи не можна виконати насправді, хоча він веде до глибокого розуміння дійсних експериментів».

Уявний експеримент, замінюючи собою реальний, розширює кордони пізнання, бо забезпечує здобуття такої інформації, яку іншими засобами добути неможливо. Уявний експеримент дозволяє здолати неминучу обмеженість реального досвіду шляхом абстрагування від дії небажаних, затемняючих причин, повне усунення яких в реальному експерименті практично недосяжно. Уявний експеримент є істотним моментом всякої творчої діяльності. А. Ейнштейн в автобіографічних спогадах у зв'язку з розробкою спеціальної теорії відносності писав: «Цього року в Аарау у мене виникло питання: якби можна було погнатися за світловою хвилею із швидкістю світла, то ми мали б перед собою не залежне від часу хвилеве поле. Але все-таки це здається неможливим! Це було першим дитячим уявним експериментом, який відноситься до спеціальної теорії відносності. Відкриття не

є справою логічного мислення, навіть якщо кінцевий продукт пов'язаний з логічною формою».

Уявний експеримент використовується не лише ученими, але і письменниками, художниками, педагогами, лікарями. Уявне експериментування яскраво виявляється. у мисленні шахістів. Величезна роль уявного експерименту в технічному конструюванні і винахідництві. Результати уявного експерименту знаходять віддзеркалення у формулах, кресленнях, графіках, накиданнях, ескізних проектах і тому подібне Пасивний експеримент передбачає вимір лише вибраних показників (параметрів, змінних) в результаті спостереження за об'єктом без штучного втручання в його функціонування. Прикладами пасивного експерименту є спостереження: за інтенсивністю, складом, швидкостями руху транспортних потоків; за числом захворювань взагалі або якою-небудь певною хворобою; за працездатністю певної групи осіб; за показниками, що змінюються з віком; за числом дорожньо-транспортних випадків і тому подібне

Пасивний експеримент, по суті, є спостереженням, яке супроводиться інструментальним виміром вибраних показників стану об'єкту дослідження. Активний експеримент пов'язаний з вибором спеціальних вхідних сигналів (чинників) і контролює вхід і вихід досліджуваної системи.

Одинфакторний експеримент передбачає: виділення потрібних чинників; стабілізацію чинників, що заважають; почергове варіювання чинників, що цікавлять дослідника.

Стратегія багатофакторного експерименту полягає в тому, що варіюються всі змінні відразу і кожен ефект оцінюється за результатами всіх дослідів, проведених в даній серії експериментів. Технологічний експеримент направлений на вивчення елементів технологічного процесу (продукції, устаткування, діяльності працівників і тому подібне) або процесу в цілому. Соціометріческий експеримент використовується для виміру існуючих міжособових соціально-психологічних стосунків в малих групах з метою їх подальшої зміни.

Для проведення експерименту будь-якого типа необхідно: розробити гіпотезу, що підлягає перевірці; створити програми експериментальних робіт; визначити способи і прийоми втручання в об'єкт дослідження; забезпечити умови для здійснення процедури експериментальних робіт; розробити дороги і прийоми фіксації ходу і результатів експерименту; підготувати засоби експерименту (прилади, установки, моделі і тому подібне); забезпечити експеримент необхідним обслуговуючим персоналом. Особливе, значення має правильна розробка методик експерименту. Методика — це сукупність розумових і фізичних операцій, розміщених в певній послідовності, відповідно до якої досягається мета дослідження. При розробці методик проведення експерименту необхідно передбачати: проведення попереднього цілеспрямованого спостереження над об'єктом, що вивчається, або явищем з метою визначення вихідних даних (гіпотез, вибору варіюючих чинників); створення умов, в яких можливе експериментування (підбір об'єктів для експериментальної дії, усунення впливу випадкових чинників); визначення меж вимірів; систематичне спостереження за ходом розвитку явища, що вивчається, і точні описи фактів; проведення систематичної реєстрації вимірів і оцінок фактів різними засобами і способами; створення ситуацій, що повторюються, зміна харак-

теру умов і перехресні дії, створення ускладнених ситуацій з метою підтвердження або спростування раніше отриманих даних; перехід від емпіричного вивчення до логічних узагальнень, до аналізу і теоретичної обробки отриманого фактичного матеріалу.

Правильно розроблена методика експериментального дослідження зумовлює його цінність. Тому розробка, вибір, визначення методики повинне проводитися особливо ретельно. При визначенні методики необхідно використовувати не лише особистий досвід, але і досвід товаришів і інших колективів. Необхідно переконатися в тому, що вона відповідає сучасному рівню науки, умовам, в яких виконується дослідження. Доцільно перевірити можливість використання методик, вживаних в суміжних проблемах і науках. Вибравши методику експерименту, дослідник повинен упевнитися в її практичній застосовності. Це необхідно зробити навіть в тому випадку, якщо методика давно апробована практикою інших лабораторій, оскільки вона може виявитися неприйнятною або складною через специфічні особливості клімату, приміщення, лабораторне устаткування, персонал, об'єкт досліджень і тому подібне

Перед кожним експериментом складається його план (програма), який включає: мета і завдання експерименту вибір варіюючих чинників; обгрунтування об'єму експерименту, числа дослідів; порядок реалізації дослідів, визначення послідовності зміни чинників; вибір кроку зміни чинників, завдання інтервалів між майбутніми експериментальними крапками; обгрунтування засобів вимірів; опис проведення експерименту; обгрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту. Вживання математичної теорії експерименту дозволяє вже при планеруванні певним чином оптимізувати об'єм експериментальних досліджень і підвищити їх точність. Важливим етапом підготовки до експерименту є визначення його цілей і завдань. Кількість завдань для конкретного експерименту не має бути дуже великою (краще 3...4, максимально 8... 10). Перед експериментом треба вибрати варійовані чинники, тобто встановити основні і другорядні характеристики, що впливають на досліджуваний процес, проаналізувати розрахункові (теоретичні) схеми процесу. На основі цього аналізу всі чинники класифікуються і складається з них убуває по важливості для даного експерименту ряд. Правильний вибір основних і другорядних чинників грає важливу роль в ефективності експерименту, оскільки експеримент і зводиться до знаходження залежностей між цими чинниками. Інколи буває важко відразу виявити роль основних і другорядних чинників. У таких випадках необхідно виконувати невеликий за об'ємом попередній пошуковий досвід. Основним принципом встановлення міри важливості характеристики є її роль в досліджуваному процесі. Для цього процес вивчається залежно від якоїсь одній змінній при останніх постійних. Такий принцип проведення експерименту виправдовує себе лише в тих випадках, коли такі характеристик мало 1...3. Якщо ж змінні величин багато, доцільний принцип багатофакторного аналізу. Необхідно також обгрунтувати набір засобів вимірів (приладів) іншого устаткування, машин і апаратів. У зв'язку з цим експериментатор має бути добре знайомий з вимірювальною апаратурою, що випускається в країні (за допомогою щорічний каталогів, що видаються, по яких можна замовити що випускаються вітчизняним приладобудуванням ті або інші засоби вимірів). Природно, що в першу

чергу слід використовувати стандартні машини і прилади, що серійно випускаються, робота на яких регламентується інструкціями, Гостами і іншими офіційними документами. В окремих випадках виникає потреба в створенні унікальних приладів, установок, стендів, машин для розробки теми. При цьому розробка і конструювання приладів і інших засобів мають бути ретельно обгрунтована теоретичними розрахунками і практичними міркуваннями про можливість виготовлення устаткування. При створенні нових приладів бажано використовувати готові вузли приладів, що випускаються, або реконструювати існуючі прилади. Відповідальний момент — встановлення точності вимірів і погрішностей. Методи вимірів повинні базуватися на законах спеціальної науки — метрології, що вивчає засоби і методи вимірів. При експериментальному дослідженні одного і того ж процесу (спостереження і виміри) повторні відліки на приладах, як правило, неоднакові. Відхилення пояснюються різними причинами — неоднорідністю властивостей тіла (матеріал, конструкція і так далі), що вивчається, недосконалістю приладів і класів їх точності, суб'єктивними особливостями експериментатора і ін. Чим більше випадкових чинників, що впливають на досвід, тим більше розбіжності цифр, що отримуються при вимірах, тобто тим більше відхилення окремих вимірів від середнього значення. Це вимагає повторних вимірів, а отже, необхідно знати їх мінімальну кількість. Під потрібною мінімальною кількістю вимірів розуміють таку кількість вимірів, яка в даному досвіді забезпечує стійке середнє значення вимірюваної величини, що задовольняє заданій мірі точності. Встановлення потрібної мінімальної кількості вимірів має велике значення, оскільки забезпечує здобуття найбільш об'єктивних результатів при мінімальних витратах часу і засобів. У методиці детально розробляється процес проведення експерименту, складається послідовність (черговість) проведення операцій вимірів і спостережень, детально описується кожна операція окремо з врахуванням вибраних засобів для проведення експерименту, обґрунтовуються методи контролю якості операцій, що забезпечують при мінімальній (раніше встановленому) кількості вимірів високу надійність і задану точність. Розробляються форми журналів для запису результатів спостережень і вимірів. Важливим розділом методики є вибір методів обробки і аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експериментів мають бути зведені в легкі для читання форми запису — таблиці, графіки, формули, номограми, що дозволяють швидко і доброякісно зіставляти отримане і проаналізувати результати. Всі змінні мають бути оцінені в єдиній системі одиниць фізичних величин.

Особлива увага в методиці має бути приділена математичним методам обробки і аналізу дослідних даних, наприклад, встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між варіюючими характеристиками, встановленню критеріїв і довірчих інтервалів і ін. Діапазон чутливості (нечутливості) критеріїв має бути стабілізований (эксплицирован).

Результати експериментів повинні відповідати трьом статистичним вимогам: вимога ефективності оцінок, тобто мінімальність дисперсії відхилення відносно невідомого параметра; вимога спроможності оцінок, тобто при збільшенні числа спостережень оцінка параметра повинна прагнути до його дійсного значення;

вимога несмещенности оцінок — відсутність систематичних помилок в процесі обчислення параметрів. Найважливішою проблемою при проведенні і обробці експерименту є сумісність цих трьох вимог.

Після розробки і затвердження методики встановлюється об'єм і трудомісткість експериментальних досліджень, які залежать від глибини теоретичних розробок, міри точності прийнятих засобів вимірів (чим чітко сформульована теоретична частина дослідження, тим менше об'єм експерименту). Залежно від попередньої теоретичної підготовки можливі три випадки проведення експерименту:

1) якщо теоретично отримана аналітична залежність, яка однозначно визначає досліджуваний процес (наприклад, х/=3е~2х), то об'єм експерименту для підтвердження даної залежності виявляється мінімальним, оскільки функція однозначно визначається експериментальними даними;

2) якщо теоретичним дорогою встановлений лише характер залежності (наприклад, в = аекх), тобто задано сімейство кривих, то експериментальним дорогою необхідно визначити як а, так і до і, отже, об'єм експерименту зростає;

3) якщо теоретично не удалося отримати яких-небудь залежностей і розроблені лише припущення про якісні закономірності процесу, то доцільний пошуковий експеримент, при якому об'єм експериментальних робіт різко зростає.

У таких випадках доречно застосовувати метод математичного планерування експерименту. На об'єм і трудомісткість проведення експериментальних робіт істотно впливає вигляд експерименту. Наприклад, польові експерименти, як правило, завжди мають велику трудомісткість, що слід враховувати при планеруванні. Після встановлення об'єму експериментальних робіт складається перелік необхідних засобів вимірів, об'єм матеріалів, список виконавців, календарний план і кошторис витрат.

План-програму розглядає науковий керівник, обговорюють в науковому колективі і стверджують в установленому порядку.

При розробці плану-програми експерименту завжди необхідно прагнути до його спрощення, наочності без втрати точності і достовірності. Це досягається попереднім аналізом і зіставленням результатів вимірів одного і того ж параметра різними технічними засобами, а також методів обробки отриманих результатів. В умовах інтенсифікації проведення наукових досліджень найважливіше місце в процесі підготовки експерименту повинне відводитися його автоматизації (АСНІ) з введенням експериментальних даних безпосередньо в ЕОМ, з розрахунком результуючих показників, з автоматичним: управлінням ходу експерименту (послідовності і повторимостей вимірів, визначення середніх значень; побудова і т. д.)

2 Методологія експериментальних досліджень

Найбільш важливою складовою частиною наукових досліджень є **експерименти**. Це один з основних способів одержати нові наукові знання. Більше 2/3 всіх трудових ресурсів науки витрачається на експерименти. В основі експериментального дослідження лежить ***експеримент***, що представляє собою науково поставлений досвід або спостереження явища в точно визначених умовах, що дозволяють стежити за його ходом, управляти їм, відтворювати його щораз при повторенні цих

умов. Від звичайного, повсякденного, пасивного спостереження експеримент відрізняється активним впливом дослідника на досліджуване явище.

Основною **метою** експерименту є перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези), а також більше широке й глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Експеримент повинен бути проведений по можливості в найкоротший строк з мінімальними витратами при найвищій якості отриманих результатів.

Розрізняють експерименти природні й штучні.

Природні експерименти характерні при вивченні соціальних явищ (соціальний експеримент) в обстановці, наприклад, виробництва, побуту й т.п.

Штучні експерименти широко застосовуються в багатьох загальнонаукових дослідженнях. У цьому випадку вивчають явища, ізольовані до необхідного ступеня, щоб оцінити їх у кількісному і якісному відношеннях.

Іноді виникає необхідність провести **пошукові експериментальні дослідження**. Вони необхідні в тому випадку, якщо важко класифікувати всі фактори, що впливають на досліджуване явище внаслідок відсутності достатніх попередніх даних. На основі попереднього експерименту будується програма досліджень у повному обсязі.

Експериментальні дослідження бувають **лабораторні й виробничі.**

Лабораторні досліди проводять із застосуванням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, устаткування й т.д. Ці дослідження дозволяють найбільше повно й доброякісно, з необхідною повторюваністю вивчити вплив одних характеристик при варіюванні інших. Лабораторні досвіди, у випадку досить повного наукового обґрунтування експерименту (математичне планування), дозволяють одержати гарну наукову інформацію з мінімальними витратами. Однак такі експерименти не завжди повністю моделюють реальний хід досліджуваного процесу, тому виникає потреба в проведенні виробничого експерименту.

Виробничі експериментальні дослідження мають на меті вивчити процес у реальних умовах з урахуванням впливу різних випадкових факторів виробничого середовища.

Однієї з різновидів виробничих експериментів є **статистичне** збирання матеріалів в організаціях, які накопичують по стандартних формах ті або інші дані. Цінність цих матеріалів полягає в тім, що вони систематизовані за багато років за єдиною методикою. Такі дані добре піддаються обробці методами статистики й теорії ймовірностей.

У ряді випадків виробничий експеримент ефективно проводити **методом анкетування**. Для досліджуваного процесу становлять ретельно продуману методику. Основні дані збирають методом опитування виробничих організацій по попередньо складеній анкеті. Цей метод дозволяє зібрати дуже велику кількість даних спостережень або вимірів по досліджуваному питанню. Однак до результатів анкетних даних варто ставитися з особливою увагою, оскільки вони не завжди містять досить достовірні відомості.

Залежно від теми наукового дослідження обсяг експериментів може бути різним. У найкращому разі для підтвердження робочої гіпотези досить лаборатор-

ного експерименту, але іноді доводиться проводити серію експериментальних досліджень: попередніх (пошукових), лабораторних, полігонних на експлуатованому об'єкті.

У ряді випадків на експеримент затрачається велика кількість засобів. Науковець робить величезну кількість спостережень і вимірів, одержує безліч діаграм, графіків, виконує невиправдано велику кількість випробувань.

На обробку й аналіз такого експерименту затрачається багато часу. Іноді виявляється, що виконано багато зайвого, непотрібного. Все це можливо, коли експериментатор чітко не обґрунтував мету й завдання експерименту. В інших випадках результати тривалого, великого експерименту не повністю підтверджують робочу гіпотезу наукового дослідження. Як правило, це також властиво для експерименту, чітко не обґрунтованого метою й завданнями.

Тому перш ніж приступитися до експериментальних досліджень, необхідно розробити методологію експерименту.

Методологія експерименту — це загальна структура (проект) експерименту, тобто постановка й послідовність виконання експериментальних досліджень. Методологія експерименту містить у собі наступні **основні етапи**:

- розробку плану-програми експерименту;
- оцінку вимірів і вибір засобів для проведення експерименту;
- проведення експерименту;
- обробку й аналіз експериментальних даних.

Наведена кількість етапів справедливо для традиційного експерименту. Останнім часом широко застосовують **математичну теорію експерименту**, що дозволяє різко підвищити точність і зменшити обсяг експериментальних досліджень.

В цьому випадку методологія експерименту включає **такі етапи**:

- розробку плану-програми експерименту;
- оцінку способів й вибір засобів для проведення експерименту;
- математичне планування експерименту;
- проведення експериментального дослідження;
- обробка й аналіз отриманих даних.

Тепер зупинимося детальніше на етапах експериментального дослідження.

3 Розробка плану - програми й методики проведення експерименту

План-програма включає найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців експерименту, календарний план робіт і кошторис на виконання експерименту. У ряді випадків включають роботи з конструювання й виготовлення приладів, апаратів, пристосувань.

Один з найбільш важливих етапів складання плану-програми — **визначення мети й завдань експерименту**. Чітко обґрунтовані завдання - це вагомий внесок у їхнє рішення. Кількість завдань повинне бути невеликим. Для конкретного експерименту оптимальною кількістю є 3-4 завдання. У великому, комплексному експерименті їх може бути 8-10.

Необхідно правильно **вибрати фактори, що** варіюють, тобто встановити основні й другорядні характеристики, що впливають на досліджуваний процес. Спочатку аналізують розрахункові (теоретичні) схеми процесу. На основі цього класифікують всі фактори й становлять із них убутний по важливості для даного експерименту ряд. Правильний вибір основних і другорядних факторів відіграє важливу роль в ефективності експерименту, оскільки експеримент і зводиться до знаходження залежностей між цими факторами. У тих випадках, коли важко відразу виявити роль основних і другорядних факторів, виконують невеликий за обсягом пошуковий експеримент.

Обґрунтування засобів вимірів — це вибір необхідних для спостережень і вимірів приладів, устаткування, машин, апаратів й ін. Засоби виміру можуть бути обрані стандартні або у випадку відсутності таких - виготовлені самостійно.

Дуже відповідальною частиною є встановлення точності вимірів і погрішностей. Методи вимірів повинні базуватися на законах спеціальної науки — **метрології.**

У **методиці** докладно проектують процес проведення експерименту. На початку становлять послідовність (черговість) проведення операцій вимірів і спостережень. Потім ретельно описують кожну операцію окремо з урахуванням обраних засобів для проведення експерименту. Особливу увагу приділяють методам контролю якості операцій, що забезпечують при мінімальному (раніше встановленому) кількості вимірів високу надійність і задану точність.

На обсяг і трудомісткість істотно впливає вид експерименту. Полеві експерименти, як правило, мають більшу трудомісткість.

Проведення експерименту є найважливішим і найбільш трудомістким етапом. Експериментальні дослідження необхідно проводити відповідно до затвердженої плану-програми й особливо методикою експерименту. Приступаючи до експерименту, остаточно уточнюють методику його проведення, послідовність випробувань.

При складному експерименті часто виникають випадки, коли очікуваний результат одержують пізніше, ніж передбачається планом. Тому науковець повинен виявити терпіння, витримку, наполегливість і довести експеримент до одержання результатів.

Особливе значення має сумлінність при проведенні експериментальних робіт; неприпустима недбалість, що приводить до більших перекручувань, помилкам. Порушення цих вимог - до повторних експериментів, що продовжує дослідження.

Обов'язковою вимогою проведення експерименту є **ведення журналу.** Форма журналу може бути довільної, але повинна щонайкраще відповідати досліджуваному процесу з максимальною фіксацією всіх факторів. У журналі відзначають тему НДР і тему експерименту, прізвище виконавця, час і місце проведення експерименту, характеристику навколишнього середовища, дані про об'єкт експерименту й засобах виміру, результати спостережень, а також інші дані для оцінки одержуваних результатів.

Журнал потрібно заповнювати акуратно, без будь-яких виправлень. При одержанні в одному статистичному ряді результатів, що різко відрізняються від сусідніх вимірів, виконавець повинен записати всі дані без перекручувань і вказа-

ти обставини, що супроводжують зазначеному виміру. Це дозволить установити причини перекручувань і кваліфікувати виміру як відповідному реальному ходу процесу або як грубий промах.

Одночасно з вимірами виконавець повинен проводити попередню обробку результатів й їхній аналіз. Тут особливо повинні проявлятися його творчі здатності. Такий аналіз дозволяє контролювати досліджуваний процес, коректувати експеримент, поліпшувати методику й підвищувати ефективність експерименту.

Важливі при цьому консультації з колегами по роботі й особливо з науковим керівником. У процесі експерименту необхідно дотримуватись вимоги інструкцій з промсанітарії, техніці безпеки, пожежній профілактиці.

Спочатку результати вимірів зводять у таблиці по характеристиках, що варіюють, для різних досліджуваних питань. Дуже ретельно уточнюють сумнівні цифри. Установлюють точність обробки досвідчених даних.

Важливим розділом методики є **вибір методів обробки й аналізу експериментальних** даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експериментів повинні бути зведені в зручні по формі записи - таблиці, графіки, формули, номограми, що дозволяють швидко й доброякісно зіставляти отримані результати.

Особлива увага в методиці повинна бути приділена **математичним методам обробки й аналізу досвідчених даних** — установленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між характеристиками, що варіюють, установленню критеріїв і довірчих інтервалів й ін.

4 Методи обробки й аналізу досвідчених даних

Після встановлення методики знаходять обсяг і трудомісткість експериментальних досліджень, які залежать від глибини теоретичних розробок, ступеня точності прийнятих засобів вимірів.

Чим чіткіше сформульована теоретична частина дослідження, тим менше обсяг експерименту.

Можливі три випадки проведення експерименту.

Перший — теоретично отримана аналітична залежність, що однозначно визначає досліджуваний процес. Наприклад,

$$y = 6e^{-5x}. \qquad (1)$$

У цьому випадку обсяг експерименту для підтвердження даної залежності мінімальний, оскільки функція однозначно визначається експериментальними даними. Тут можна з успіхом застосувати метод графічного зображення функції.

Другий випадок — теоретичним шляхом установлений лише характер залежності. Наприклад,

$$y = ae^{-kx}. \qquad (2)$$

У цьому випадку задане сімейство кривих. Експериментальним шляхом необхідно визначити коефіцієнти *a* й k. При це обсяг експерименту зростає. У

цьому випадку застосовують метод підбора емпіричних формул.

Третій випадок — теоретично не вдалося одержати яких-небудь залежностей. Розроблені лише припущення про якісні закономірності процесу. У багатьох випадках доцільний пошуковий експеримент. Обсяг експериментальних робіт різко зростає. Тут доречний метод математичного планування експерименту.

Особливе місце відведене **аналізу експерименту** — завершальної частини, на основі якої роблять висновок про підтвердження гіпотези наукового дослідження. **Аналіз експерименту** — це творча частина дослідження. Іноді за цифрами важко чітко представити фізичну сутність процесу. Тому потрібно особливо ретельне зіставлення фактів, причин, що обумовлюють хід того або іншого процесу й установлення адекватності гіпотези й експерименту.

При обробці результатів вимірів і спостережень широко використають **методи графічного зображення**. Графічне зображення дає найбільш наочне подання про результати експериментів, дозволяє краще зрозуміти фізичну сутність досліджуваного процесу, виявити загальний характер функціональної залежності досліджуваних змінних величин, установити наявність максимуму або мінімуму функції.

Для графічного зображення результатів вимірів (спостережень), як правило, застосовують систему прямокутних координат. Перш ніж будувати графік, необхідно знати хід (характер протікання) досліджуваного явища. Якісні закономірності й форма графіка експериментаторові орієнтовно відомі з теоретичних досліджень.

Крапки на графіку необхідно з'єднувати плановою лінією так, щоб вони по можливості ближче проходили до всіх експериментальних крапок. Якщо з'єднати крапки прямими відрізками, то одержимо ламану криву. Вона характеризує зміну функції за даними експериментів. Звичайно функції мають плавний характер. Тому при графічному зображенні результатів вимірів варто проводити між крапками плавні криві.

Різке скривлення графіка пояснюється погрішностями вимірів.

При графічному зображенні результатів експериментів велику роль грає вибір системи координат або координатної сітки.

Координатні сітки бувають рівномірними й нерівномірними. У рівномірних координатних сітках ординати й абсциси мають рівномірну шкалу. Наприклад, у системі прямокутних координат довжина одиничних відрізків, що відкладають, на обох осях однакова.

З нерівномірних координатних сіток найпоширеніші напівлогарифмічні, логарифмічні, імовірнісні.

Напівлогарифмічна сітка має рівномірну ординату й логарифмічну абсцису.

Логарифмічна координатна сітка має обидві осі логарифмічні; імовірнісна - ординату, звичайно рівномірну, і абсцису - імовірнісну шкалу.

Призначення нерівномірних сіток різне. Частіше їх застосовують для більше наочного зображення функцій. Так, багато криволінійних функцій спрямляють на логарифмічних сітках. Імовірнісна сітка застосовується в різних випадках: при обробці вимірів для оцінки їхньої точності, при визначенні розрахункових

характеристик.

Велике значення має вибір масштабу графіка, що пов'язане з розмірами креслення й відповідно з точністю значень величин, що знімають із нього. Відомо, що чим крупніше масштаб, тим вище точність вимірювань. Однак, як правило, графіки не перевищують розмірів 20х15 см, що є зручним при складанні звітів.

Масштаб по координатних осях звичайно застосовують різний. Від його вибору залежить форма графіка - він може бути плоским (вузьким) або витягнутим (широким) уздовж осі.

Розрахункові графіки, що мають максимум (мінімум) функції або якийнебудь складний вид, особливо ретельно необхідно вичерчувати в зонах вигину. На таких ділянках кількість крапок для креслення графіка повинне бути значно більше, ніж на головних ділянках.

У деяких випадках будують **номограми**, що істотно полегшують застосування для систематичних розрахунків складних теоретичних або емпіричних формул у певних межах виміру величин. Номограммовані можуть бути будь-які алгебраїчні вираження. У результаті складні математичні вираження можна вирішувати порівняно просто графічними методами. Побудова номограм — трудомістка операція. Однак, будучи раз побудованою, номограма може бути використана для знаходження кожної зі змінних, вхідних у номограммоване рівняння. Застосування ЕОМ істотно знижує трудомісткість номограммування.

Існує кілька методів побудови номограм. Для цього застосовують рівномірні або нерівномірні координатні сітки. У системі прямокутних координат функції в більшості випадків на номограмах мають криволінійну форму. Це збільшує трудомісткість, оскільки потрібне велика кількість крапок для нанесення однієї кривої. У логарифмічних координатних сітках функції мають прямокутну форму й складання номограм спрощується.

У процесі експериментальних вимірів одержують статистичні ряди вимірів двох величин поєднуваних функцій:

$$y = f(x) \qquad (3)$$

Кожному значенню функції $y_:, ..., y_n$ відповідає певне значення аргументу $x_1, x_2, ..., x_k$.

На основі експериментальних даних можна підібрати алгебраїчні вираження, які називають **емпіричними формулами**. Такі формули підбирають лише в межах обмірюваних значень аргументу $x_1 ... x_п$. Емпіричні формули мають тим більшу цінність, чим більше вони відповідають результатам експерименту.

Необхідність у підборі емпіричних формул виникає в багатьох випадках. Так, якщо аналітичне вираження (3) складне, вимагає громіздких обчислень, складання програм для ЕОМ, те часто ефективніше користуватися спрощеною наближеною емпіричною формулою. Досвід показує, що емпіричні формули бувають незамінні для аналізу обмірюваних величин. До емпіричних формул пред'являють дві основних вимоги - по можливості вони повинні бути найбільш простими й точно відповідати експериментальним даним у межах зміни аргументу.

Таким чином, емпіричні формули є наближеними вираженнями аналітичних. Заміну точних аналітичних виражень наближеними, більше простими, називають

апроксимацією, а функції - апроксимуючими.

Процес підбора емпіричних формул складається із двох етапів. На першому етапі дані вимірів наносять на сітку прямокутних координат, з'єднують експериментальні крапки плавної кривої й вибирають орієнтовно вид формули. На другому етапі обчислюють параметри формул, які щонайкраще відповідали б прийнятій формулі.

Підбор емпіричних формул необхідно починати з найпростіших виражень.

Криві, побудовані по експериментальних крапках, вирівнюють відомими в статистику методами. Наприклад, методом вирівнювання, що полягає в тім, що криву, побудовану по експериментальних крапках, представляють лінійною функцією. Для знаходження параметрів заданих рівнянь часто застосовують метод середніх і метод найменших квадратів.

Більш докладно з методикою підбора емпіричних формул ви ознайомитеся на практичних заняттях.

Для дослідження закономірностей між явищами (процесами), які залежать від багатьох, іноді невідомих факторів, застосовують **регресійний аналіз.**

5 Регресійний аналіз

З безлічі завдань, розв'язуваних інженерами - технологами переробних галузей при дослідженнях існуючих процесів і створенні нових, можна виділити три досить розповсюджених види: виявлення кількісних залежностей між параметрами процесу; відшукання оптимальних умов протікання процесу; вибір оптимального складу багатокомпонентних сумішей.

Найчастіше, приступаючи до рішення таких завдань, інженер - технолог не має вичерпних відомостей про механізм досліджуваного процесу. Він може тільки назвати параметри, що визначають умови протікання процесу, і вимоги до його результатів. У цих умовах доцільне використання кібернетичного підходу, в основі якого лежить запропонована Н. Вінером ідея «чорного ящика». **«Чорний ящик»** — це об'єкт дослідження (рис. 1). Стрілками, що входять в об'єкт, показані вхідні параметри, які можуть бути керованими (**x**) і некерованими (**z**). Робота об'єкта може характеризуватися декількома вихідними параметрами, які на схемі позначені стрілками, що виходять із прямокутника. Необхідно навчитися управляти об'єктом, інформація про елементарні операції усередині якого надзвичайно мала, що по суті аналогічно рішенню поставлених завдань.

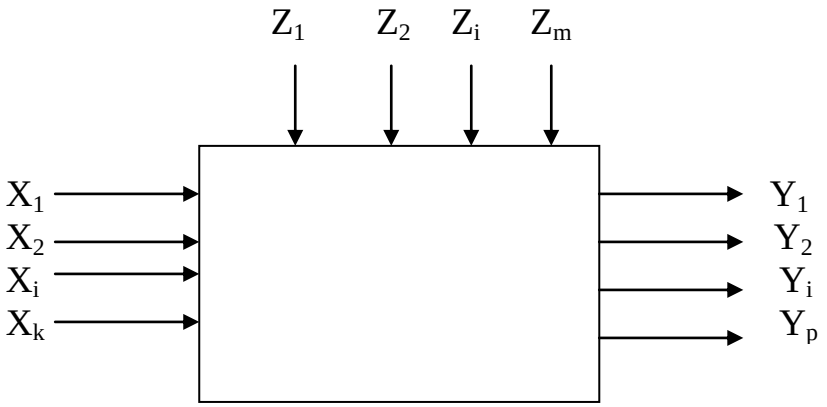

Рис. 1 Схема «чорного ящика»:
x1, x2, … xi, … xk – керовані фактори;
z1, z2, … zi, … zm – некеровані фактори;
y1, y2, … yi, … yp – параметри оптимізації.

Залежність між вихідним параметром (відгуком) і вхідними параметрами (факторами) називається функцією відгуку й має такий вигляд:

$$y = f(x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_k), \quad (4)$$

де **y** — відгук (результат експериментів); $x_1, x_2, \ldots x_i \ldots x_k$ — незалежні змінні (фактори), які можна варіювати при постановці експериментів.

Рівнянню (4) відповідає деяка гіперповерхня в багатомірному просторі, що зветься **поверхнею відгуку**, а простір, у якому існує зазначена поверхня— **факторним простором**. У найпростішому випадку, коли досліджується залежність відгуку (**y**) від одного фактора (**x**), поверхня відгуку являє собою лінію на площині, тобто у двомірному просторі. У цьому випадку завдання досить просте: потрібно задаючись декількома значеннями x одержати графік $y = f(x)$ і ціль буде досягнута. Якщо немає впевненості що досвіди добре відтворюються,(тобто при повторенні досвіду результати не збігаються) необхідно їх повторити кілька разів при тих самих значеннях x і побудувати графіки з урахуванням отриманого розкиду досвідчених крапок.

Якщо незалежних змінних дві, то завдання не сильно ускладнюється. Буде потрібно зняти й побудувати сімейство кривих

$$y = f(x_1) \text{ при } x_2 = const.$$

Справа ускладнюється якщо незалежних змінних 3 - 4 і більше. Звичайно, можна й тут побудувати багато сімейств кривих, але інформація отримана в такому виді практично марна. Отже модель досліджуваного об'єкта у вигляді сімейств кривих при числі незалежних змінних більше двох, трьох непрактична, незручна й часто марна.

У загальному випадку, коли розглядаються **k** факторів, рівняння (4) описує поверхня відгуку в **(k + 1)** - мірному просторі.

При досить обмежених знаннях про механізм процесу аналітичне вираження функції відгуку невідомо. Тут приходить на допомогу проста і плідна ідея розглядати не саму функцію $y = f(x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_k)$, а її розкладання в який - небудь ряд - найчастіше статистичний і представляти у вигляді полінома

$$y = b_0 + b_1 x_1 + \ldots + b_k x_k + b_{12} x_1 x_2 + \ldots + b_{k-1} x_{k-1} x_k + b_{11} x_1^2 + \ldots + b_{kk} x_k^2, \quad (5)$$

де b_0, b_1, b_i, b_k — вибіркові коефіцієнти регресії, які можна одержати, користуючись результатами експерименту.

Отримане емпіричним шляхом рівняння регресії (5) часто називають математичною моделлю (або просто моделлю) процесу. Цей термін, використовуваний повсюдно в інженерній практиці, у різних дослідників набуває різного сенсу. Для пояснення цього скористаємося прийомом, що застосував В. В. Минів. У своїй роботі він поняттю математичної моделі протиставляє поняття закону в науці. Закон однозначно, чітко, строго описує явище. Закон - це абсолютна категорія. Він

може бути або вірним, або невірним. Ніякого середнього, проміжного положення закон займати не може. У традиційному, класичному розумінні модель - суть математичне формулювання закону, і тому вона повинна бути такою же абсолютною категорією.

З погляду кібернетики під моделлю розуміється не абсолютно точний опис явища, а наближене вираження невідомого закону, що задовільно характеризує явище в деякій локальній області факторного простору. Виходячи із цього визначення, для наближеного опису того самого явища може бути запропоновано кілька різних моделей. Стосовно до моделі правомірне використання таких визначень, як *гарна, погана, краще*. Правда, у всіх цих випадках необхідно вказувати, за допомогою якого критерію зроблена оцінка моделі, її якості.

На практиці завжди обмежуються кінцевим числом членів розкладання апроксимуючи тим самим невідому функцію $\mathbf{y = f (x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_k)}$ поліномом деякого ступеня.

Подібна апроксимація має сенс, якщо функція $\mathbf{y = f (x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_k)}$ відповідає ряду вимог. Якісно можна сказати, що вона повинна бути безперервної й досить гладкої (тобто без різких стрибків).

Правда не завжди можемо сказати що ці умови виконуються. Тому необхідно виявити відому обережність.

Припустимо ці умови виконаються.

Тепер завдання придбало деяку визначеність: необхідно задати кілька сполучень незалежних змінних $\mathbf{x_1 \ldots x_k}$, визначити відповідні значення і спробувати використати отриману інформацію для знаходження коефіцієнтів $\mathbf{b_0, b_1}$ ...і т.д., якщо це одержимо те й ціль буде досягнута.

Разом з тим, неважко помітити, що від цих міркувань досить далеко до практичних кроків і виникає **ряд питань**:

1. Що відомо про функції $\mathbf{y = f (x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_k)}$... Які сполучення факторів і скільки таких сполучень потрібно взяти для визначення значень функції **y**.

2.Як знайти коефіцієнти $\mathbf{b_0, b_1}$.і т.д., щоб ряд найкраще відповідав функції яку він апроксимує?

3. Як визначити точність отриманого подання функції?

Отже, питання перше, що відомо про функції $\mathbf{y = f (x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_k)}$... Насамперед є впевненість у тім, що враховано всі фактори що впливають на функцію, тобто ми переконані, що саме одержання залежності показника **y** від обраного набору змінних $\mathbf{(x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_k)}$ вирішить нашу проблему.

Отже сформульовані завдання досліджень, тобто виконана винятково важлива частина будь-якої роботи. Є вдала приказка: "Не можна навіть заблудиться, якщо довідаєшся куди йдеш".

Будемо вважати, що знаємо куди йдемо, тобто що хочемо одержати в результаті досліджень.

Тільки необхідно виконати деякі умови:

Величина **y** (часто будемо називати її **функцією цілі** або **параметром оптимізації** або **відгуком** і т.д.) незалежно від того яка ознака досліджуваного об'єкта вона представляє - завжди повинна бути визначена **кількісно**. т.е. завжди можемо характеризувати цю величину числом.

У більшості випадків це зробити просто, але бувають і труднощі, якщо ознака, що цікавить нас, якісний, а критерій по якому ми оцінюємо якість - складний. Але тут можна застосовувати ранговий підхід, тобто метод ранжирування.

Визначаючи величину **y** ми **ставимо два можливих завдання**:

1.Знайти оптимальні умови протікання процесу тобто знайти екстремум функції.

2.Знайти адекватний опис функції відгуку **(y)** у заданій області факторного простору.

Помітимо, якщо ми хочемо щось оптимізувати тобто величина у повинна бути одна, нехай складна, що складається з декількох показників, але одна.

Тому що ступінь полінома (5) заздалегідь пророчити не можна, то користуються ідеєю крокового пошуку, тобто спочатку намагаються описати досліджуване явище найпростішою - лінійною моделлю

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 \qquad (6)$$

Оцінюють її якість й, якщо воно виявляється незадовільним, то збільшують число членів полінома, тобто підвищують його ступінь, наприклад, до двох .

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_{22}^2. \qquad (7)$$

Цей процес продовжують доти, поки не буде отримана модель, що адекватно описує результати експерименту.

У цьому випадку на допомогу приходять методи **планування експерименту.** Планування експерименту дозволяє різко зменшити кількість випробувань (досвідів) і при цьому легко одержить математичний опис процесу, тобто визначити коефіцієнти регресії полінома (5).

6. Перевірка експериментальних даних на адекватність

У процесі проведення експерименту виникає потреба перевірити відповідність експериментальних даних теоретичним передумовам, тобто перевірити гіпотезу дослідження. **Перевірка експериментальних даних на адекватність** необхідна також у всіх випадках на стадії аналізу теоретико-експериментальних досліджень. Методи оцінки адекватності засновані на використанні довірчих інтервалів, що дозволяють із заданою довірчою ймовірністю визначати шукані значення оцінюваного параметра. Суть такої перевірки складається в зіставленні отриманої або передбачуваної теоретичної функції **y = f (x)** з результатами вимірів.

В практиці адекватності застосовують різні ***критерії***: Фішера, Пірсона, Романовского.

В інженерних завданнях часто користуються F - критерієм Фишера

$$F = \frac{s^2_{ад}}{s^2_y}, \qquad (8)$$

де $s^2_{ад}$ - дисперсія адекватності;

s^2_y – дисперсія, що характеризує помилку досвіду.

Дисперсія адекватності

$$s^2_{ад} = \frac{\sum_{u=1}^{n} (\overline{y_u} - y_u)^2}{n-k-1} \quad . \qquad (9)$$

Помилка досліду

$$s^2_y = \frac{\sum_{u=1}^{n} s^2_u}{n}, \qquad (10)$$

де $\mathbf{y_u}$ – розрахункове значення відгуку **y** в u- м досвіді;

$\overline{y_u}$ - середнє значення відгуку **y** , отриманих в u - повторностях досвідів;

n – число досвідів;

k - число факторів;

$\mathbf{s_u^2}$ – дисперсія, що характеризує розсіювання результатів досвідів.

Модель уважається адекватної в тому випадку, якщо значення F, розраховане по формулі (8), не перевищує відповідного табличного при деякому рівні значимості. Звичайно при рішенні інженерних завдань рівень значимості приймається рівним 0,05 (5%).

Л и т е р а т у р а:

1. Бабицкий Л.Ф.,Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Рябец В.И. Основы научных исследований. – К.: НАУ, 1999. – 228 с.

2. Нарынян А.Р., Поздеев В.А. Основы научных исследований. К.: Изд – во Европейского унив – та, 2002. – 110 с.

3. Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. Основы научных исследований. К.: Знание, 2001. – 113 с.

4. Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований. – Харьков: Вища школа, 1983. – 224 с.

5. Завалишин Ф.С., Мацнев Н.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. – М.: Колос, 1982. – 231 с.

6. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: «Наука», 1971 - 207с.

7. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. К.: “Техніка”, 1975, - 165 с.

8. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств. К.: “Вища школа”, 1981 – 304 с.

Лекція 7 ОСНОВНІ ЕТАПИ Й ПРИНЦИПИ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Загальні відомості

Початком експериментального дослідження є збір, вивчення й аналіз всіх наявних даних про об'єкт. Апріорна інформація може бути скупою або великою, але саме вона є тією базою, на якій будуються перші кроки дослідження. Чим повніше знання про об'єкт, тим швидше дослідник прийде до остаточного рішення поставленого завдання. У результаті проведення цього попереднього, апріорного етапу дослідник повинен: скласти повний список факторів, виходячи з того, що краще назвати кілька малозначних факторів, чим пропустити один істотно значимий; задати орієнтовні межі зміни факторів з урахуванням вимог їхньої сумісності; вибрати параметри оптимізації відповідно до поставленого завдання.

Якщо список факторів виявиться більшим (укажемо, що це сім і більше факторів), необхідно виконати відсівання незначущих факторів одним з методів, викладених у попередній лекції. На цьому завершується попередня підготовка до експерименту.

Відповідно до ідеї крокового пошуку експеримент проводиться в кілька етапів. Число етапів і дії на кожному з них залежать від результатів попереднього етапу й кінцевої мети дослідження. Все розмаїття кінцевих цілей дослідження можна узагальнено розділити на два типи: знайти адекватний опис функції відгуку в заданій частині факторного простору; знайти оптимальні умови протікання процесу.

Залежно від сполучення результату попереднього етапу й типу кінцевої мети приймається рішення про дії на наступних етапах дослідження.

Планування експерименту - це засіб побудови математичних моделей різних процесів, спосіб скорочення часу й засобів, підвищення продуктивності праці дослідника. За допомогою планування експерименту можна одержати математичні моделі, що зв'язують досліджуваний параметр із усіма факторами, що впливають на нього. У цьому випадку необхідно проводити багатофакторний експеримент.

1. Повний факторний експеримент

Повним факторним експериментом (ПФЭ) називається такий експеримент, при реалізації якого визначається значення параметра оптимізації при всіх можливих сполученнях рівнів варіювання факторів. Якщо ми маємо справу з k факторами, кожний з яких може встановлюватися на q рівнях, то для того, щоб здійснити повний факторний експеримент необхідно поставити $n = q^k$ досвідів.

Найбільше поширення одержали експерименти, у яких фактори варіюють на двох рівнях, тобто експерименти типу 2^k. Менш популярні експерименти типу 3^k, тому що з ростом числа рівнів факторів різко зростає кількість досвідів.

Планування, проведення й обробка результатів ПФЭ складається з наступних обов'язкових **етапів:**

- кодування факторів;
- складання плану-матриці експерименту;
- рандомізація досвідів;
- реалізація плану експерименту;
- перевірка відтворюваності досвідів;
- перевірка адекватності лінійної моделі;
- оцінка значущості коефіцієнтів регресії.

Проілюструємо порядок проведення ПФЭ простим прикладом ПФЭ 2^2.

Кодування факторів необхідно для перекладу натуральних факторів (температури, швидкості нагрівання, нерівномірності перемішування й ін. факторів) у безрозмірні величини, щоб мати можливість побудувати стандартну ортогональну план-матрицю експерименту. Для перекладу натуральних змінних у кодові x_i заповнюють таблицю кодування змінних на двох рівнях (табл. 1). Як нульовий рівень факторів звичайно вибирають центр інтервалу, у якому передбачається вести експеримент. У промислових умовах нульовий рівень відповідає значенням факторів при існуючому технологічному режимі.

Таблиця 1 - Кодування факторів

Інтервал варіювання І рівень факторів	Перший фактор	Другий фактор
Нульовий рівень $X_i = 0$	150	6
Інтервал варіювання ε	50	2
Нижній рівень $X_i = -1$	100	4
Верхній урівень $X_i = +1$	200	8
Кодове позначення	X_1	X_2

При виборі інтервалу варіювання справа вважається трохи складнішою. Часто, особливо при оптимізації процесу, спочатку доцільно описати його лінійним рівнянням, і тому інтервал варіювання повинен бути досить малий для одержання лінійного рівняння, але разом з тим досить великий, щоб не одержати помилкового висновку про незначущий вплив якого-небудь із факторів.

Перед початком експерименту фактори кодуються по формулі:

$$x_{код} = \frac{x_n - x_o}{\varepsilon}, \qquad (1)$$

де $x_{код}$ - кодоване значення фактора (верхній рівень позначається +1, а нижній -1);

x_n - натуральне значення фактора;

x_o - натуральне значення фактора на основному рівні;

$\varepsilon = \left(x_n^в - x_n^н \right) / 2$ - натуральне значення інтервалу варіювання фактора;

$x_n^в$ - натуральне значення фактора на верхньому рівні;

$x_n^н$ - натуральне значення фактора на нижньому рівні.

Складання плану-матриці експерименту здійснюється в такий спосіб: наприклад, для x_1 рівні чергуються в кожному досвіді, для x_2— через два досвіди, для x_3— через чотири й т.д. Плани-матриці для розглянутого приклада наведена в табл. 2.

План експерименту, наведений у табл. 2, називають ортогональним планом першого порядку. Основною перевагою такого плану є роздільна (незалежна) оцінка коефіцієнтів регресії.

Таблиця 2 – План – матриця ПФЭ типу 2^2

Досвід	X_1	X_2
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

Рандомізация досвідів. Природно, що на досліджуваний процес впливають не тільки x_1 і x_2, але ще ряд факторів, які можуть бути взагалі невідомі дослідникові. Для того, щоб внести елемент випадковості впливу цих факторів на результат експерименту, а це необхідно для обґрунтованого використання апарата математичної статистики, установлюється випадковий порядок постановки досвідів у часі. Ця процедура й називається рандомизацией. Для її здійснення користуються таблицями випадкових чисел, витягом номерів з урни й т.п.

В розглянутому прикладі одержали таку послідовність проведення досвідів: 2, 3, 1, 2, 4, 1, 3, 4. У цій послідовності кожне сполучення рівнів (номера досвідів) зустрічається двічі. Паралельні досвіди передбачаються для оцінки відтворюваності процесу й проведення статистичних оцінок.

Реалізація плану експерименту представлена в табл. 3. Наведений план експерименту являє собою розширену матрицю, тому що уведено стовпець x_1x_2, що дозволяє оцінити коефіцієнт регресії при взаємодії факторів.

Таблиця 3 - Умови й результати досвідів

Дослід	X_1	X_2	x_1x_2	y_{u1}	y_{u2}	$y_u=(y_{u1}+y_{u2})/2$
1	-1	-1	+1	10	8	9
2	+1	-1	-1	12	14	13
3	-1	+1	-1	14	12	13
4	+1	+1	+1	8	10	9

Перевірка відтворюваності досвідів. При однаковому числі паралельних досвідів на кожнім сполученні рівнів факторів відтворюваність процесу пе-

ревіряється за критерієм Кохрена:

$$G = \frac{s_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^{n} s_u^2} \le G_{(0,05;f_n;f_u)}, \qquad (2)$$

де $s_u^2 = \frac{\sum_{p=1}^{m}(y_{u_p} - \bar{y}_u)^2}{m-1}$ - дисперсія, що характеризує розсіювання результатів досвідів на u-м сполученні рівнів факторів;

p = 1,2,....., m — число паралельних досвідів;

$s_{u\max}^2$ — найбільша з дисперсій у рядках плану;

$G_{(0,05;f_n;f_u)}$ — табличне значення критерію Кохрена при 5%-ном рівні значимості;

$f_n = n$ — число незалежних оцінок дисперсії;

$f_u = m - 1$ — число ступенів свободи кожної оцінки.

Процес уважається відтвореним, якщо виконується нерівність (2). При цьому дисперсія відтворюваності (помилка досвіду) визначається по формулі

$$s_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n} s_u^2}{n}. \qquad (3)$$

Якщо нерівність (2) не виконується, то необхідно прийняти міри до уточнення вимірів у досвіді з максимальною дисперсією.

У випадку відтворюваності процесу розраховують коефіцієнти регресії. Для нашого приклада із двома факторами рівняння регресії буде мати вигляд

$$y = b_o + b_1 x_1 + b_2 x_2. \qquad (4)$$

Відповідно, коефіцієнти знаходимо по формулах

$$b_o = \frac{\sum_{u=1}^{n} \overline{y_u}}{n}; \qquad (5)$$

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^{n} x_i \overline{y_u}}{n}; \qquad (6)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^{n} x_i x_j \overline{y_u}}{n}. \qquad (7)$$

Перевірка адекватності лінійної моделі виконується за допомогою критерію Фішера. Лінійна модель адекватна, якщо виконується нерівність

$$F = \frac{s_{ad}^2}{s_y^2} \le F_{(0,05;fad;fy)}, \qquad (8)$$

де $s_{ad}^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n}(\overline{y_u} - y_u)^2}{n-k-1}$ -дисперсія адекватності;

y_u – розрахункове значення відгуку в u -м досвіді;

$F_{(0,05;fad;fy)}$ - критерій Фишера при 5% - ному рівні значимості;

$f_{ад} = n - k - 1$ - число ступенів волі дисперсії адекватності;

f_y - число ступенів волі дисперсії відтворюваності.

Оцінка значимості коефіцієнта регресії виробляється за допомогою критерію Стьюдента. Коефіцієнт уважається значимим, якщо виконується нерівність

$$|b_i| \ge \Delta b_i = t_{(0.05;f_y)} \frac{s_y}{\sqrt{n}}, \qquad (9)$$

де $t_{(0.05;f_y)}$ - 5% - ова крапка розподілу Стьюдента з f_y ступенями волі.

Незначущий коефіцієнт при факторі означає, що даний фактор не впливає (або впливає незначно) на параметр оптимізації. Однак на величину коефіцієнта регресії впливає не тільки роль даного фактора, але також обраний інтервал варіювання. Це значить, що при дуже вузьких межах зміни фактора в експерименті його внесок у зміну параметра оптимізації може бути дійсно дуже малим. Однак тільки по цьому не можна ще говорити про те, що фактор є незначущим. Тому статистичний сигнал про незначущість фактора повинен бути по можливості перевірений або хоча б обговорений з технологічної точки зору.

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

$$y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{1,2}x_1x_2. \qquad (10)$$

Однак для такої перевірки немає ступенів волі, тому що число досвідів збігається із числом певних коефіцієнтів регресії. У цьому випадку план експерименту називають насиченим.

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

Наведений опис порядку побудови планів експерименту типу 2^2, кодування факторів і статистичних оцінок не змінюється від збільшення числа факторів. Правда, трохи ускладнюється при цьому запис, тому вмовилися замість —1 й +1,

що означають, на яких рівнях перебуває в даному досвіді фактори, ставити просто відповідні знаки.

Залишається тільки привести стандартні плани й загальний вид рівнянь регресії, які можуть бути побудовані при їхній реалізації.

У табл. 4 наведена матриця планування для трьох факторів (k = 3), що варіюються на двох рівнях (q = 2). Матриця планування експерименту типу $\mathbf{2^3}$ отримана з даних табл. 2 шляхом повторення її двічі: один раз при $\mathbf{x_3}$ на нижньому рівні й другий раз при $\mathbf{x_3}$ на верхньому рівні. Якщо задатися метою розширити матрицю експерименту типу 2^3 введенням допоміжних стовпців, що відповідають взаємодіям факторів, то вона буде виглядати так, як показано в табл. 5.

За результатами плану, представленого в табл. 6, можна визначити вісім коефіцієнтів регресії в рівнянні

$$\mathbf{B = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 .} \quad (11)$$

Таблиця 4 – Матриця планування повного факторного експерименту типу 2^3

Досвід	X_1	X_2	X_3
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

Таблиця 5 – Розширена матриця планування повного факторного експерименту типу 2^3

Досвід	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$
1	-	-	-	+	+	+	-
2	+	-	-	-	-	+	+
3	-	+	-	-	+	-	+
4	+	+	-	+	-	-	-
5	-	-	+	+	-	-	+
6	+	-	+	-	+	-	-
7	-	+	+	-	-	+	-
8	+	+	+	+	+	+	+

Для оцінки адекватності нелінійної моделі (11) необхідно зневажити якимсь із взаємодій, наприклад $x_1 x_2 x_3$ і поставити досвіди в центрі експерименту

для перевірки значимості ефекту квадратичних членів. Якщо модель у вигляді неповного квадратного рівняння неадекватна або ефект від квадратичних членів значимий, те, відповідно до ідеї крокового пошуку, необхідно продовжити експеримент із метою подання функції відгуку квадратним рівнянням.

2. Інтерпретація результатів факторного експерименту

Провівши серію досвідів за планом повного факторного експерименту, приходимо в результаті до поліноміальної моделі. Якщо отримана модель виявляється адекватної експериментальним даним, то її можна використати для прогнозування значення відгуку при будь-яких значеннях факторів, що перебувають між верхнім і нижнім рівнями.

У загальному випадку лінійна модель виду

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i \qquad (12)$$

являє собою гіперплощина в (k + 1) - мірному факторному просторі, що виключає можливість зорового сприйняття відповідного геометричного образа крім випадку, коли k = 2, що ілюструється мал. 1. У всіх випадках гіперплощина проходить через крапку в = b_0. Коефіцієнти регресії при лінійних членах характеризують нахил цієї гіперплощини до відповідних осей.

Крапки 1,2, 3 й 4 (мал. 1) відповідають координатам досвідів при постановці повного факторного експерименту типу 2^2. Із цих крапок проведені прямі, паралельні осі в, і на них відкладені відрізки, рівні значенню відгуків у відповідному досвіді.

Як видно з малюнка, вільний член b_0 у лінійному рівнянні регресії чисельно дорівнює значенню відгуку при $\mathbf{x_1 = x_2 = 0.}$

Розсічемо площину *ABCD* (мал. 1) будь-якою площиною, перпендикулярної осі *в.* У перетинанні площин одержимо пряму, кожній крапці якої відповідає те саме значення відгуку (мал.2).

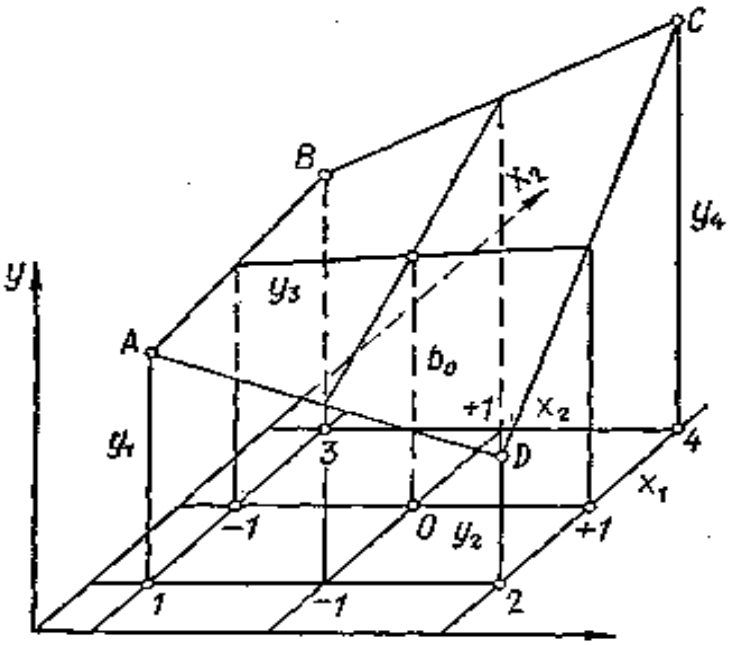

Рис.1 - Гіперплощина в (k + 1) - мірному факторному просторі, коли k =2

Кожна пряма на мал. 2 відповідає тому самому значенню виходу продукту. Кожній крапці прямої відповідають координати x_1 і x_2, які визначають можливі умови одержання заданого обраною крапкою виходу.

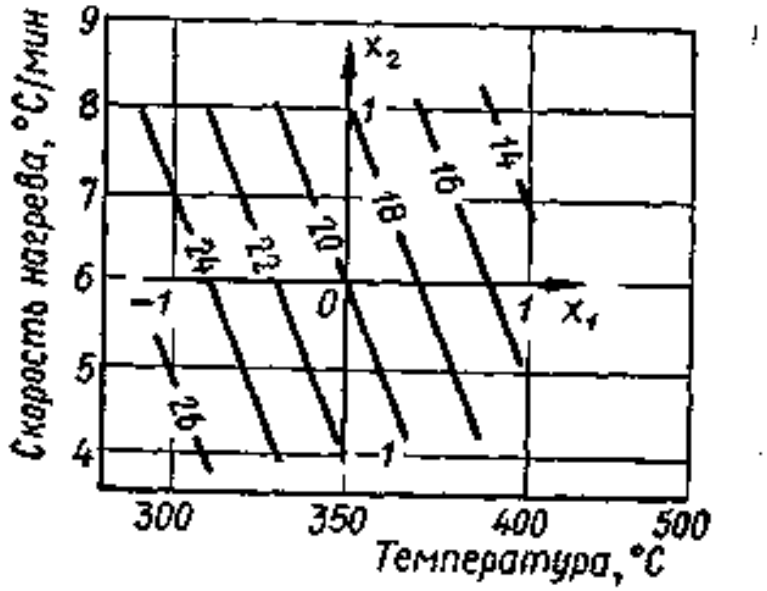

Рис. 2 – Графічна інтерпретація рівняння $y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2$.

Спосіб інтерпретації лінійної моделі, показаний на мал. 2, є досить зручним. По-перше, із графіка відразу видно, що для підвищення виходу продукту необхідно по можливості знижувати кінцеву температуру дистиляції й швидкість нагрівання. По-друге, паралельно кодовим осям дуже легко провести осі натуральних змінних, тому що завжди відомо, якому натуральному значенню фактора відповідають кодові координати -1, 0 й +1.

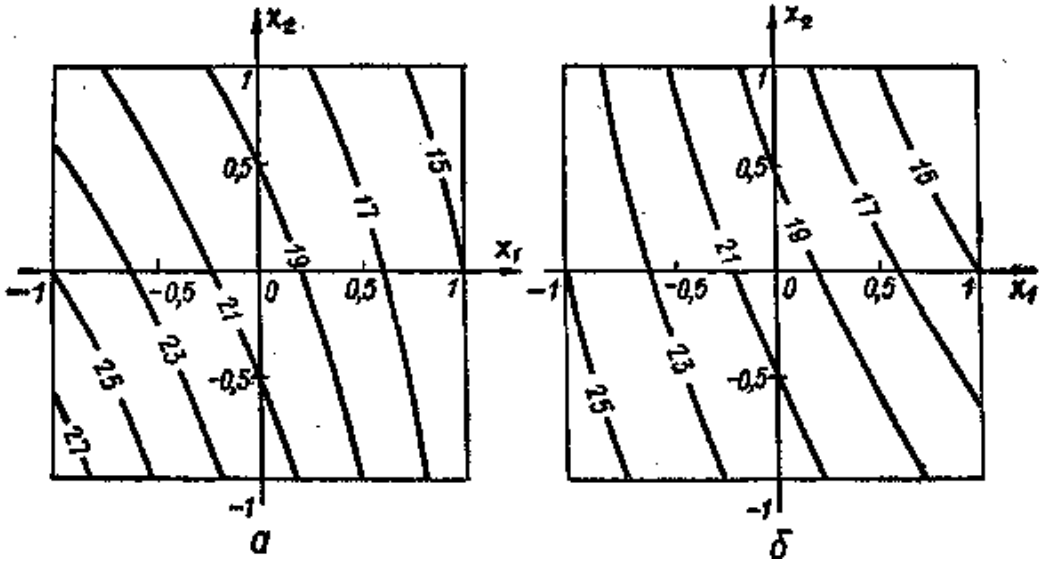

Рис. 3 – Графічна інтерпретація рівняння $в = 20 — 5x_1 — 2x_2 ± x_1 x_2$:
а — при $b_{ij} = +1$; б — при $b_{ij} = —1$.

За результатами факторного експерименту можна одержати неповне квадратне рівняння, у якому крім коефіцієнтів при лінійних членах можуть бути значимими коефіцієнти при парних взаємодіях факторів типу x_i x_j При значимій взаємодії факторів ефект кожного з них залежить від того, на якому рівні перебуває інший взаємодіючий фактор.

Зіставляючи криві графіків, наведених на мал. 3, можна зробити висновок про те, що в загальному випадку наявність позитивної взаємодії двох факторів означає посилення позитивного ефекту одного із взаємодіючих факторів при переході другого взаємодіючого фактора з нижнього на верхній рівень незалежно від знака й величини коефіцієнта регресії другого фактора.

Література

1. Бабицкий Л.Ф.,Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Рябец В.И. Основы научных исследований. – К.: НАУ, 1999. – 228 с.

2. Нарынян А.Р., Поздеев В.А. Основы научных исследований. К.: Изд – во Европейского унив – та, 2002. – 110 с.

3. Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. Основы научных исследований. К.: Знание, 2001. – 113 с.

4. Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований. – Харьков: Вища школа, 1983. – 224 с.

5. Завалишин Ф.С., Мацнев Н.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. – М.: Колос, 1982. – 231 с.

6. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: «Наука», 1971 - 207с.

7. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. К.: “Техніка”, 1975, - 165 с.

8. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств. К.: “Вища школа”, 1981 – 304 с.