

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

НАУКОВА РОБОТА ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»,
за освітньо-науковою програмою «Хімічні ресурсоефективні технології
неорганічних та органічних речовин, матеріалів та покриттів» та за
освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних,
електродних матеріалів та водоочищення».*

Укладачі: І. М. Астрелін, А. Л. Концевой,
А.М. Шахновський, С. А. Концевой.

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Рецензент *Воробйова В.І., к.т.н., доц., доцент кафедри фізичної хімії КПІ ім. Ігоря Сікорського*

Відповідальний редактор *Донцова Т. А., д.т.н., доц.*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 24.09.2022 р.)
за поданням Вченої ради хіміко-технологічного факультету
(протокол № 2 від 14.09.2022 р.)*

Посібник призначений для здобувачів вищої освіти, які вивчають курс «Наукова робота за темою магістерської дисертації» та працюють над магістерською дисертацією; у посібнику викладаються загальні поняття, що стосуються теоретичних засад науки як системи знань, основ методології наукових досліджень, методів інформаційного, методологічного і організаційного забезпечення наукових досліджень, планування експерименту і обробки отриманих даних, підготовки і захисту магістерських дисертацій, оприлюднення результатів науково-дослідної роботи, захисту інтелектуальної власності, обґрунтування і представлення інноваційної складової проведеного наукового дослідження.

Пропонований навчальний посібник забезпечує повний курс навчання за освітніми компонентами «Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 1. Основи наукових досліджень» та «Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 2. Наукова робота за темою магістерської дисертації» для магістрантів, що навчаються за освітньо-професійною або за освітньо-науковою програмою.

Видання забезпечує вивчення здобувачами вищої освіти теоретичного матеріалу, підготовку до виконання індивідуальних завдань комп'ютерного практикуму та буде корисним для самостійної роботи.

Обсяг 21,0 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ЧАСТИНА I. ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.	8
1 ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1 АЛГОРИТМ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ПРОЦЕСУ	8
1.2 ВИБІР ПРОБЛЕМИ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ	14
1.3 ВИЗНАЧЕННЯ МЕТИ І ЗАВДАНЬ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	18
1.4 ОСНОВИ МЕТОДИКИ ПЛАНУВАННЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	21
1.5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНА ПІДГОТОВКА НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	26
1.6 ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМОГО ПІДХОДУ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ	34
2 ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
2.1 ОСНОВНІ ТЕРМИНИ І ПОНЯТТЯ	38
2.2 ТИПИ НАУКОВИХ ДОКУМЕНТІВ, СФЕРА ЇХНЬОГО СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ	43
2.3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗРОСТАННЯ, РОЗПОРОШЕННЯ ТА СТАРІННЯ НАУКОВИХ ДОКУМЕНТІВ І АНАЛІЗ ДОКУМЕНТАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ	54
2.4 РОЛЬ ІНФОРМАЦІЇ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ	56
2.5 ПОШУК, НАКОПИЧЕННЯ ТА ОБРОБКА НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.	66
2.6 ВЕБ-ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ДОСТУПУ ДО ФАХОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ	83
3 ДОСЛІДНА СТАДІЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ПРОЦЕСУ	86
3.1 МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	86
3.2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	132
3.3 ЕФЕКТИВНІСТЬ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	208
4 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАЦІ В НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.....	216
4.1 ОСОБЛИВОСТІ ТВОРЧОЇ ПРАЦІ ДОСЛІДНИКА	216
4.2 НАУКОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАЦІ В ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	219
4.3 ЕТИЧНІ НОРМИ НАУКИ ТА ПРИНЦИПИ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ.....	232
4.4 ОСНОВНІ ТЕРМИНИ І ПОНЯТТЯ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ	239
5 ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.	255
5.1 ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. НАУКОВА ПУБЛІКАЦІЯ. ВИДИ. ПОНЯТТЯ. ФУНКЦІЇ. СТРУКТУРА	255
5.2 ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. РОБОТА З ДЖЕРЕЛАМИ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.	260
ЧАСТИНА II. МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ І ЗАХИСТУ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ. ..	264
6 ПІДГОТОВКА І ЗАХИСТ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ	264
6.1 ПОНЯТТЯ ТА ЗНАЧЕННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ	264
6.2 ВИБІР ТА ЗАТВЕРДЖЕННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ.....	264
6.3 РОЗРОБКА ПЛАНУ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ.....	268
6.4 ОФОРМЛЕННЯ ПОСИЛАНЬ	270
6.5 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ ДЖЕРЕЛ.....	273
6.6 ОФОРМЛЕННЯ ДОДАТКІВ	274
6.7 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ (ПОВІДОМЛЕНЬ), СТАТЕЙ І СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ	275
6.8 ПОДАННЯ ЗАКІНЧЕНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ НА КАФЕДРУ	277
6.9 ЗАХИСТ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ	279
7 МЕТОДОЛОГІЯ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ І ОБРОБКИ ДОСЛІДНИХ ДАНИХ	283
7.1 ПРАКТИКУМ № 1. СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ	283
7.2 ПРАКТИКУМ № 2. ОПТИМАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ У ХІМІЧНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ	289
7.3 ПРАКТИКУМ № 3. ДРОБОВИЙ ФАКТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ	302
7.4 ПРАКТИКУМ №4. ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРНОГО ПРОСТОРУ ОБ'ЄКТУ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТОДОМ КРУТОГО СХОДЖЕННЯ	309

7.5 Практикум №5. Прийняття технологічних рішень за регресійними моделями другого порядку	317
7.6 Практикум №6. Планування експерименту при побудові діаграм «склад – властивість» ..	332
8 ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДЕТЕРМІНОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПІД ЧАС ВИРІШЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ ЗАДАЧ.....	345
8.1 Практикум № 7. Розрахунок кінетичних параметрів топохімічних реакцій	345
8.2 Практикум № 8. Розрахунок кінетичних параметрів хімічних реакцій в потоці газу або рідини	348
8.3 Практикум №9. Розрахунок кінетичних параметрів за дериватографічними даними.....	354
8.4 Практикум № 10. Розрахунок кінетичних параметрів складних хімічних реакцій	361
8.5 Практикум № 11. Вивчення методів параметричної ідентифікації об’єкту хімічної технології при здійсненні хімічної реакції	372
8.6 Практикум № 12. Визначення оптимального часу перебування речовин у хімічному реакторі	376
8.7 Практикум № 13. Вивчення процедур нелінійної багатовимірної оптимізації.....	394
8.8 Практикум № 14. Вивчення процедур лінійної умовної оптимізації	403
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	411
ДОДАТОК А. ПРИКЛАДИ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	413
ДОДАТОК Б. РОЗРАХУНОК КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОПОХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ.....	422
ДОДАТОК В. РОЗРАХУНОК РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДРОБОВОГО ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	425
ДОДАТОК Г. ТЕРМІНИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ СКЛАДАННІ СТАТИСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	428
ДОДАТОК Д. СТАТИСТИЧНІ ТАБЛИЦІ	433
ДОДАТОК Е. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОРЯДКУ РОЗРАХУНКУ ШВИДКОСТІ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ В СЕРЕДОВИЩІ MICROCAL ORIGIN.....	435

ВСТУП

Світова тенденція з прискорення впровадження досягнення науково-технічного прогресу у виробництва, тісний контакт науки з хімічним промисловим виробництвом, переведення вітчизняної економіки на шляхи інтенсивного розвитку в умовах капіталізації хімічних підприємств і вільного ринку потребує фахівців, які б володіли не тільки професійними знаннями, але й міцними вміннями і навичками творчого, креативного дослідника, який впевнено підтверджує здатність виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, генерувати нові ідеї і нестандартні підходи до їх реалізації, знаходити, обробляти і аналізувати необхідну інформацію для розв'язання наукових задач і прийняття обґрунтованих оптимальних або раціональних рішень, самотійно освоювати нові методи експериментальних досліджень з використанням сучасного інструментарію, компетентно користуватись методологічними принципами обробки емпіричних даних з одержанням емпірико-теоретичних результатів, вільно володіти прийомами теоретичного обґрунтування і прогнозування ключових властивостей, параметрів, характеристик створеного об'єкту і споріднених систем в різних умовах їх існування і експлуатації.

Сучасний фахівець-магістр з хімічної технології і інженерії повинен впевнено використовувати методи і технології наукової комунікації українською і іноземними мовами, розробляти фізичні і математичні моделі досліджуваних процесів, явищ і об'єктів у професійній сфері, використовувати методи комп'ютерної обробки наукових даних на основі створення власних програмних продуктів, в середовищах Excel, MathCad, та ін.

Представлений посібник призначений для здобувачів вищої освіти, які вивчають курс «Наукова робота за темою магістерської дисертації» та працюють над магістерською дисертацією; у посібнику викладаються

загальні поняття, що стосуються теоретичних засад науки як системи знань, основ методології наукових досліджень, методів інформаційного, методологічного і організаційного забезпечення наукових досліджень, планування експерименту і обробки отриманих даних, підготовки і захисту магістерських дисертацій, оприлюднення результатів науково-дослідної роботи, захисту інтелектуальної власності, обґрунтування і представлення інноваційної складової проведеного наукового дослідження.

Пропонований навчальний посібник забезпечує повний курс навчання за освітніми компонентами «Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 1. Основи наукових досліджень» та «Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 2. Наукова робота за темою магістерської дисертації» для магістрантів, що навчаються за освітньо-професійною або за освітньо-науковою програмою.

Видання забезпечує вивчення здобувачами вищої освіти теоретичного матеріалу, підготовку до виконання індивідуальних завдань комп'ютерного практикуму та буде корисним для самостійної роботи.

Матеріал, викладений в даному навчальному посібнику, забезпечує розвиток аналітичного і творчого мислення у майбутніх магістрів, набуття ними системних, інструментальних, соціально-особистих, професійних, організаційно-управлінських, науково-дослідницьких компетенцій в результаті участі в реальних наукових дослідженнях, проектних і конструкторських технологічних розробок, засвоєння методів інформаційного, методологічного і організаційного забезпечення наукових досліджень, підготовки і захисту магістерських дисертацій, оприлюднення результатів науково-дослідної роботи, захисту інтелектуальної власності, обґрунтування і представлення інноваційної складової проведеного наукового дослідження у формі стартапу розробки з метою її комерціалізації.

В основу навчального посібника покладено авторські підходи, рішення і програмне забезпечення, що напрацьовані впродовж ряду років на кафедрі технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", а також положення щодо основ наукових досліджень в навчальних матеріалах авторів [1-16].

Додатки до навчального посібника містять важливі термінологічні пояснення, довідкові дані та методичні рекомендації до виконання розрахункової роботи з кредитного модуля.

ЧАСТИНА I. ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1 ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Алгоритм науково-дослідного процесу

Науково-дослідний процес - це чітко організований комплекс дій, спрямований на отримання нових знань, що розкривають суть явищ і процесів у природі, з метою, в кінцевому підсумку, використання їх у практичній діяльності людей.

Кожне наукове дослідження виконують згідно з визначеним **науковим напрямом**, що становить науку (або комплекс наук), в межах якої проводиться дослідження. Науковий напрям може бути технічним, біологічним, економічним тощо з можливою подальшою деталізацією. Структурними одиницями наукового напрямку є **комплексні проблеми, теми, наукові питання**.

Під проблемою розуміють комплекс теоретичних і практичних завдань, необхідність вирішення яких постала перед суспільством. Проблема виникає тоді, коли людська практика стикається із труднощами або навіть уявною неможливістю досягнення мети. Проблема може бути глобальною, національною, регіональною, галузевою та ін. (залежно від завдань, що виникають).

Комплексна проблема - це сукупність проблем, що об'єднані однією метою.

Тема наукового дослідження є складником проблем. У результаті досліджень за темою отримують відповіді, які охоплюють частину проблеми. Узагальнення результатів виконання комплексу тем (наприклад, при виконанні комплексної роботи кількох виконавців ряду дипломних робіт або магістерських дисертацій) у рамках деякої проблеми може дати рішення наукової проблеми в цілому.

Під **науковим питанням** розуміють невеликі наукові завдання, що належать до конкретної теми наукового дослідження.

В науковому дослідженні важливе значення мають пізнавальні завдання, що виникають під час вирішення наукових проблем.

Емпіричні завдання – це виявлення, опис, докладне вивчення різних експериментальних фактичних даних, факторів, що впливають на перебіг і властивості явищ і процесів.

Теоретичні завдання – це виявлення та вивчення механізмів, причин, залежностей, зв'язків тощо, що дають змогу встановити, пояснити, прогнозувати поведінку об'єкту на основі розроблених теоретичних принципів.

За цільовим призначенням наукові дослідження класифікують на 3 види:

Фундаментальні дослідження - спрямовані на відкриття та вивчення нових явищ і законів природи для розширення наукового знання, встановлення того, що, в кінці кінців, може бути використано в практичній діяльності людей. Такі роботи проводяться на межі відомого і невідомого, їм притаманний найбільш високий ступінь невизначеності.

Прикладні дослідження (ПД) - спрямовані на визначення способів використання законів природи для створення нових і вдосконалення існуючих способів і засобів людської діяльності. Мета - встановлення того, як можна використати в практичній діяльності наукові знання, отримані в результаті фундаментальних досліджень. **ПД** поділяють на: пошукові, науково-дослідні (**НДР**) та дослідно-конструкторські роботи (**ДКР**).

Пошукові роботи спрямовані на пошук шляхів створення нової технології або техніки на основі способів, запропонованих у результаті фундаментальних досліджень. Результатом **НДР** і є нові технології, дослідні установки, прилади тощо.

ДКР завершуються підбором конструкторських характеристик (логічних конструкцій).

В результаті фундаментальних і прикладних досліджень утворюється нова наукова та науково-технологічна (технічна) інформація. Процес перетворення цієї інформації у форму, придатну для впровадження в практику, називають **розробкою**.

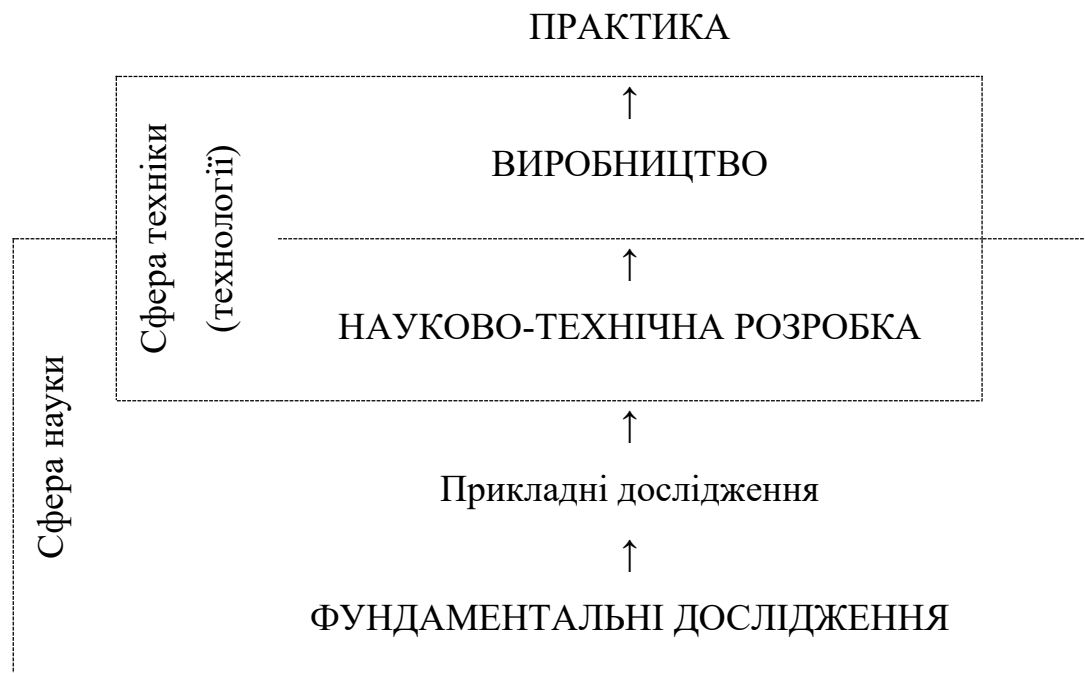


Рисунок 1.1 – Взаємозв'язок між основними класами наукових досліджень за цільовим призначенням

Наукові дослідження класифікуються також за такими ознаками:

- Зв'язок з суспільним виробництвом: створення нових технологій, машин, конструкцій, підвищення ефективності виробництв, поліпшення умов праці тощо.
- Важливість для народного господарства:
 - за Постановою Президента, Кабінету Міністрів;
 - за Програмами державного і міжнародного рівня;
 - за планами Міністерства науки і освіти і Національної академії наук України;
 - за планами галузевих міністрів і відомств;

- за планами та ініціативою дослідницьких організацій, колективів, кафедр тощо.

Пріоритетними в Україні напрямками розвитку науки і техніки визначено такі (Закон № 2623-14 України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки" від 16.01.2016 р.):

1. фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави;
2. інформаційні та комунікаційні технології;
3. енергетика та енергоефективність;
4. раціональне природокористування;
5. науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань;
6. нові речовини і матеріали.

Формування пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні

Для формування пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки Кабінет Міністрів України на підставі рекомендацій Національної ради України з питань розвитку науки і технологій із залученням Національної академії наук України, національних галузевих академій наук, центральних органів виконавчої влади розробляє і здійснює державну цільову програму прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку України відповідно до Закону України "Про державні цільові програми" (1621-15).

За джерелами фінансування дослідження поділяються на НДР, що фінансуються з коштів державного бюджету, у межах господарських договорів і угод; позабюджетних фондів та коштів; власних коштів фірм, підприємств, організацій, установ.

Науковий процес будь-якого класу, типу з різноманітними ознаками проходить за взаємоузгодженими і взаємопов'язаними етапами (стадіями):

1. Визначення проблеми (теми) та її конкретизація.
2. Попередня розробка теоретичних положень.
3. Вивчення і аналіз сучасного стану опрацьованості проблеми.
4. Збір, систематизація та вивчення інформації.
5. Розробка гіпотези.
6. Визначення методів і методики дослідження.
7. Складання робочого плану досліджень.
8. Створення нової інформації (одержання фактичних експериментальних фактів, їх групування, згортання, зведення у таблиці, побудова графіків тощо).
9. Розробка висновків і пропозицій.
10. Письмове викладення матеріалів дослідження.
11. Обговорення ходу та результатів дослідження, консультації, рецензування.
12. Апробація або впровадження результатів дослідження.

Стадії (етапи) науково-дослідного процесу можна відобразити і в схематичному вигляді (рисунк 1.2):

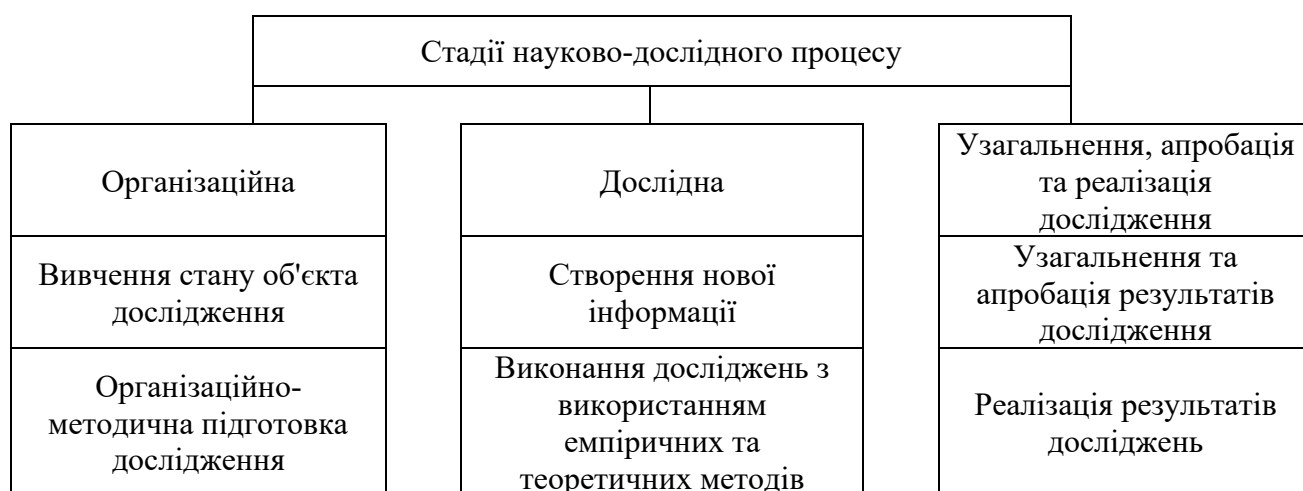


Рисунок 1.2 - Загальна схема науково-дослідного процесу.

На організаційній стадії вивчають стан об'єкту і виконують організаційно-методичну підготовку дослідження.

Вивчення стану об'єкта дослідження передбачає конкретизацію теми та попереднє визначення теоретичних передумов її дослідження. Конкретизуючи тему, визначають її місце в науковій проблемі; встановлюють зв'язок між суміжними темами, що виконувались іншими дослідниками або плануються до виконання; визначають та обґрунтовують об'єкти дослідження. Вивчення теоретичних передумов містить визначення стану об'єкта, наукової і теоретичної новизни гіпотез, що висуваються до дослідження.

Організаційно-методична підготовка - складання плану дослідження теми, робочого плану, методів і методик проведення досліджень, попереднє техніко-економічне обґрунтування теми.

На дослідній стадії відбувається створення нової інформації, а потім перетворення її за допомогою наукових методів дослідження згідно з програмою дослідження. Створення нової інформації відбувається спостереженням за об'єктом в різних умовах, вибір оцінних критеріїв, виявлення позитивних і негативних чинників, що впливають на стан об'єкта досліджень тощо. Отриману інформацію треба класифікувати, групувати для подальшого перетворення.

На наступному етапі виконують дослідження із застосуванням різних наукових методів: доведення гіпотез, що були висунуті, формулювання висновків і рекомендацій, постановка цільових експериментів, корегування попередніх висновків, оприлюднення результатів і висновків.

На стадії реалізації результатів дослідження проводиться узагальнення та апробація отриманих результатів, а потім упровадження їх в практику в тій або іншій формі.

Вказаної послідовності виконання науково-дослідної роботи дотримуються під час будь-якого наукового дослідження - від курсової,

дипломної роботи і магістерської дисертації до системного вивчення значущих наукових проблем. Всі названі етапи тісно пов'язані і переплітаються між собою. Досягти їх чіткого розмежування практично не можливо, і в "чистому" вигляді вони не існують. Так, збір матеріалу необхідно проводити вже на перших етапах, а його первинна обробка може змусити дослідника внести зміни до робочого плану, переглянути методику, звузити об'єкт тощо. Тому слід раціонально будувати дослідження, коли кожна частина роботи (методична, практична, теоретична, аналітична) супроводжується вивченням літератури.

1.2 Вибір проблеми та загальні вимоги до теми дослідження

Важливими складовими, що забезпечують ефективність проведення будь-якого наукового дослідження, є чітке формулювання його теми, мети та задач виконання. Цей етап наукової роботи відноситься до організаційної стадії науково-дослідного процесу (рисунок 1.3.).

При виборі напряму, проблеми, теми важливо відрізнити псевдопроблеми (хибні, удавані) від дійсно наукових проблем. Найбільша кількість псевдопроблем виникає за недостатньої інформованості науковців, що призводить до розробки вже вирішених проблем з отриманням відомих науці результатів. Однак іноді в розробці найбільш актуальної проблеми доводиться йти на її дублювання з метою залучення для її вирішення різних наукових колективів у конкурсному порядку.

Вибір проблеми або теми реалізується у декілька етапів (рисунок 1.4).

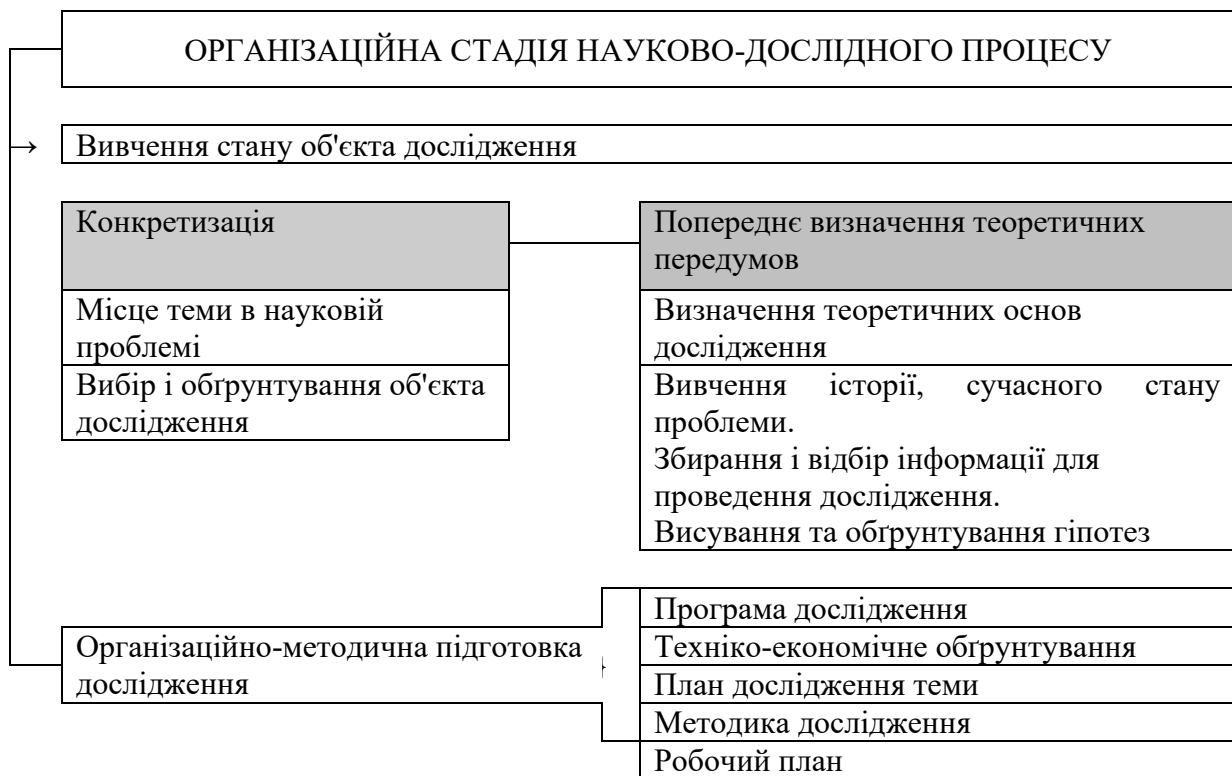


Рисунок 1.3 – Організаційна стадія науково-дослідного процесу

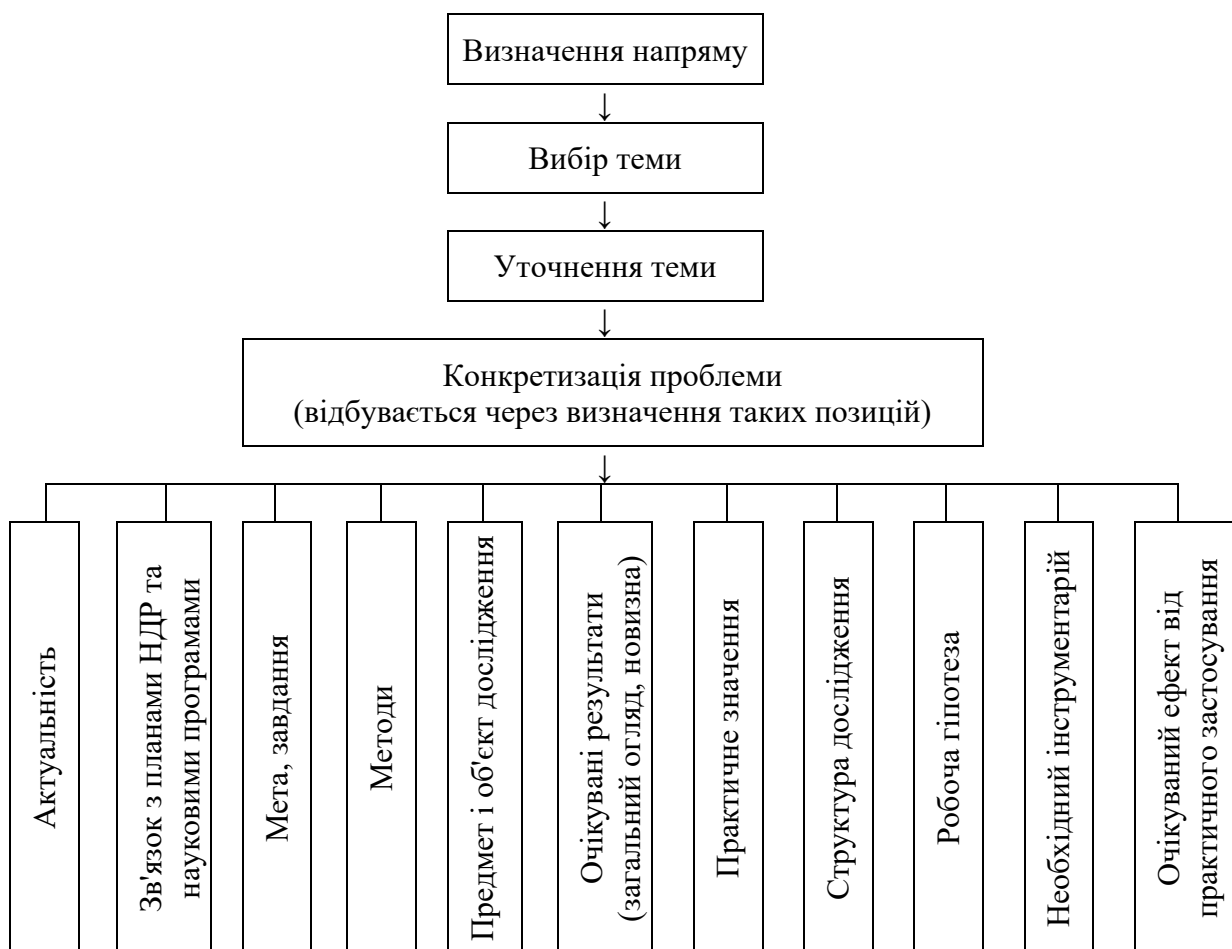


Рисунок 1.4 – Послідовність роботи з вибору теми дослідження.

Однією з головних вимог, що обов'язково ставиться перед дослідницькою роботою, є її **актуальність** - важливість, необхідність вирішення саме зараз. Чіткого критерію встановлення ступеня (!) актуальності немає, проте деякі градації актуальності визначити можна (див. далі).

Актуальність (доцільність) наукової роботи включається в один із **критеріїв вибору теми дослідження** (рисунок 1.5.) - народногосподарську ефективність теми.



Рисунок 1.5 – До обґрунтування теми дослідження

Себто, актуальність - це й наскільки рішення проблеми (теми) сприяє економічному, соціальному, екологічному, технологічному розвитку держави, міста, регіону, галузі, розвитку відповідної галузі науки.

Деякі градації актуальності наукової роботи

- значення для розвитку основних напрямів галузі науки, техніки, технології, виробництва (планові показники цього можуть бути передбачені директивними або іншими документами);
- значення для створення нових напрямів галузі науки, техніки, виробництва;
- якісні зміни в галузі (наприклад, створення нових типів продукції, принципово нових методів її виготовлення);
- вирішення комплексу питань - підвищення якості виробів; різке зростання ефективності праці; економія матеріалів; утилізація відходів; зменшення собівартості продукції; підвищення рентабельності виробництва; поліпшення умов праці; охорона довкілля;
- значення для розвитку другорядних напрямів галузі;
- вирішення окремих питань (наприклад, рекомендації щодо поліпшення параметрів виробів);

Під час оцінювання прикладних наукових розробок найбільш актуальною визначається тема, що може забезпечити найбільший економічний ефект.

Важливо, щоб вибрана тема у своїй постановці до цього часу не розроблялась. Дублювання (повторне або паралельне виконання схожих тем) можливе лише у виняткових випадках, коли необхідно забезпечити різні підходи до вирішення певних наукових і практичних завдань.

Висвітлення актуальності не повинно бути багатослівним. Досить кількома реченнями висловити головне - сутність проблеми або наукового завдання.

Формальною ознакою актуальності теми дослідження є зв'язок роботи з відповідною пріоритетною або цільовою програмою. За наявності такого

зв'язку наводяться назва конкретної програми, її шифр, державний реєстраційний номер.

Іноді на початковій стадії не можна визначити економічний ефект. Тоді для орієнтовної оцінки ефективності використовують аналоги (близькі за назвою, предметом, об'єктом, метою розробки). Під час дослідження теоретичних (у тому числі, фундаментальних) проблем основним критерієм не є економічна ефективність впровадження, а значимість (для розвитку науки) теми.

Тема також має відповідати спеціалізації наукового колективу, членом якого є дослідник. Така спеціалізація сприяє накопиченню колективного досвіду, підвищенню теоретичного рівня, якості та ефективності розробок, скороченню строків виконання дослідження.

Розробка теми має бути забезпечена фінансуванням, обладнанням, матеріалами та необхідними умовами для впровадження результатів.

1.3 Визначення мети і завдань наукового дослідження

Мета дослідження - це кінцевий результат, на досягнення якого воно спрямоване. Ця мета має адекватно відображатись у темі (назві) роботи, містити в узагальненому вигляді очікувані результати та наукове завдання.

Завдання (задачі) підпорядковуються основній меті і спрямовані на послідовне (себто, поетапне) її досягнення. Вони не можуть формулюватись як "вивчення", "ознайомлення", "дослідження" тощо, оскільки таким чином вказують не на результат наукової розробки, а на окремі, якби технологічні, прийоми, процеси, засоби досягнення мети, а не на саму мету.

Мета та задачі формуються лаконічно, без зайвих слів.

Мета і задачі (завдання) досліджень не можуть бути визначені відокремлено від **предмета** та **об'єкта** дослідження.

Об'єкт дослідження - це явище або процес, що породжує проблемну ситуацію, яка вимагає більш детального вивчення і обирається для вивчення.

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

Об'єкт і предмет дослідження, як категорії наукового процесу, співвідносяться між собою, як загальне і часткове. В об'єкті виділяється та його частина, яка й є предметом дослідження. Саме на нього спрямована основна увага дослідника, оскільки предмет дослідження визначає тему наукової праці (вона визначається на титульному аркуші як її назва).

Вибір проблеми та загальні вимоги до теми дослідження

Вибір (формулювання) проблеми дослідження здійснюється на основі скрупульозного ознайомлення з вітчизняними і зарубіжними публікаціями у вибраному та суміжних наукових напрямках і на основі цієї інформації і визначається основне питання (проблема) та у загальних рисах представляється очікуваний результат дослідження.

Важливим під час формулювання проблеми і теми є вивчення стану наукових розробок у цьому напрямку, у процесі якого дослідник повинен зробити систематизацію, відповідно розподіливши:

1. знання, що набули загального визнання науковою спільнотою та перевірені на практиці;
2. питання, які є недостатньо розробленими і вимагають (як дискусійні) ще наукового уточнення, обґрунтування;
3. невирішені питання, визначені у процесі теоретичного осмислення, запропоновані практикою або ті, що виникли під час вибору теми.

Такий підхід (при початковому ознайомленні з літературою) дає можливість з'ясувати зміст проблеми, її зв'язок із загальними тенденціями

розвитку предмета дослідження, його об'єктивними закономірностями тощо.

Конкретизація проблеми дослідження

Конкретизація проблеми дослідження передбачає розробку її структури, виділення тем, розділів, питань. У кожній можливій темі виявляють орієнтовну сферу досліджень. Потім її конкретизують, тобто предметно вивчають, уточнюють, роблять більш наочною. Для того, щоб конкретизувати, необхідно провести внутрішній причинно-наслідковий аналіз, виявити всі змістовні сторони, виділити похідні проблеми, кожна з яких має стати об'єктом деталізації доти, доки не будуть визначені конкретні завдання, що й становлять зміст поставленої проблеми.

Насамперед необхідно чітко визначити завдання дослідження. Правильне формулювання завдань підкаже шлях дослідження, його структуру, методи, дасть змогу "відшліфувати" основну мету.

При виборі теми необхідно передбачити можливість використання отриманих результатів та форми їх представлення (курсова дослідницька робота, дипломна робота, магістерська дисертація, наукова доповідь, НДР, монографія тощо). Чітке розуміння кінцевої мети дослідження сприяє досягненню успіху.

Конкретизація завдань має змогу уточнити зміст проблеми. Для цього потрібно вирішити 2 питання: по-перше, уявити, які явища, предмети, процеси, закономірності має охоплювати проблема; по-друге, обмежити обрану мету від суміжних.

Необхідно встановити, чи повинна робота виконуватись лише на основі;

- а) спостережень чи за допомогою експерименту;
- б) літературних джерел, документів, практики;
- в) сучасного досліду чи з використанням більш старих даних;
- г) вітчизняних матеріалів чи з урахуванням зарубіжних джерел тощо.

Важливим моментом конкретизації проблеми є обмеження кола питань, які передбачається вивчати.

Дослідник обов'язково повинен ознайомитись з історичними аспектами проблеми. Важливим елементом пошуку правильного рішення є вивчення історії виникнення і розвитку проблеми, результатів раніше проведених з неї досліджень. На жаль, вивчення історії проблеми нерідко розглядається науковцями-початківцями як необов'язкове. Проте слід наголосити, що це "страхує" від дублюванню раніше отриманих результатів, чужих помилок, полегшує використання досвіду попередників, має змогу розглянути предмет у динаміці, з'ясувати загальні тенденції та подальші шляхи його (предмету) розвитку і на цій основі будувати науковий прогноз. Завершальним етапом вивчення історії є аналіз сучасного стану питання.

Необхідно також виявити коло питань, які стануть відправною точкою при визначені перспектив подальшого вивчення проблеми. Наукова проблема має бути актуальною, науково значимою і відрізнятись науковою новизною.

Уточнення перерахованих характеристик майбутньої наукової роботи дає змогу більш чітко встановити її рамки, скласти точний план, визначити терміни виконання, етапи і стадії.

1.4 Основи методики планування наукового дослідження

Структура плану визначається обсягом і складністю дослідження: чим ширше коло питань, що розглядаються, тим детальнішим має бути план, оскільки саме деталізація забезпечить його внутрішню узгодженість та синхронність робіт.

Робочий план становить основу, визначає загальну спрямованість дослідження та послідовність його проведення. Окрім того, якість робочого плану є запорукою успішного завершення розпочатої науковцем роботи. Його розробляють, виходячи з вибраної теми, сформульованих

мети і завдань дослідження, обізнаності з його предметом, базової гіпотези. Він повинен відображати системне уявлення автора про ту роботу, яка має бути проведена. Головне — щоб логіка та послідовність дій були виправдані. План може складатись із *остаточно сформульованих пунктів*, які повністю відображають їх змістовне наповнення, або *тез*, що в основних рисах характеризують позицію автора, робочу гіпотезу, основні положення.

На більш пізніх стадіях виконання дослідження, коли ключові питання опрацьовані, а набуті відомості про предмет дослідження систематизовані, можна також підготувати **план-проспект** — реферативне викладення отриманих результатів у послідовності їх розміщення в рукописі. У подальшому він трансформується у кінцевий варіант плану, що відображає зміст цілком завершеної роботи.

Як правило, під час опрацювання складних проблем (тем) план доцільно будувати за такою схемою: вступ, розділи/глави, параграфи, висновки, список використаної літератури (рисунки 1.6).

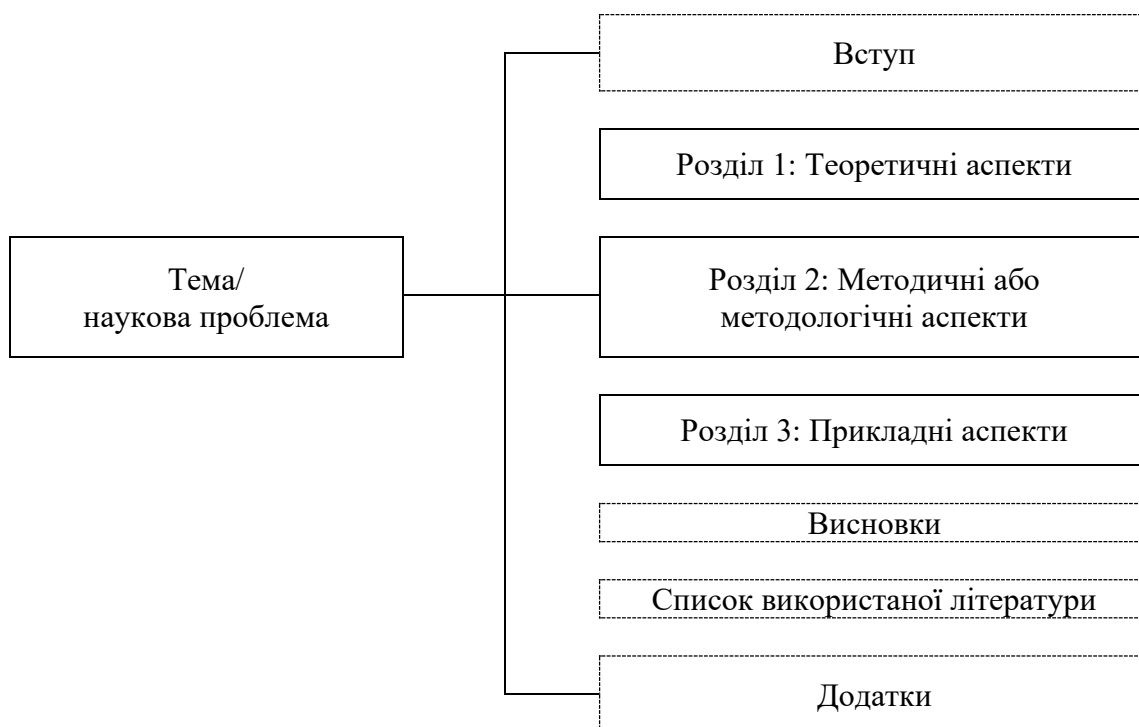


Рисунок 1.6 – Орієнтовна структура плану названої роботи

На основі планів досвідчені науковці зазвичай складають *графік* роботи. *Попередній план-графік* має включати лише найбільш істотні, тривалі роботи. *Календарний план-графік* є більш деталізованим. Він відрізняється від попереднього плану більшою конкретикою щодо організаційних моментів і строків. Його доцільно складати після попереднього ознайомлення з літературою, уточнення і конкретизації теми дослідження — до початку основної роботи. Добре продуманий і ґрунтовно розроблений календарний план-графік робіт — обов'язкова умова успіху і раціональної праці дослідника (таблиця 1.1.).

Планування наукового дослідження необхідне для оптимізації робіт, щоб при найменших затратах отримати найкращі результати. Для цього потрібно спланувати кожен етап дослідження, визначити його зміст і терміни виконання з урахуванням наявного фонду часу. Кожен етап слід виконувати з мінімальними витратами часу, намагатися працювати, випереджаючи графік. Оскільки у процесі роботи можуть виникнути певні труднощі, помилки, відхилення від прийнятого шляху, в плані доцільно передбачити резерви часу для їх усунення.

Коли науковець визначив для себе ключові положення свого майбутнього дослідження, він вже може приступити до написання відповідного обґрунтування. Як правило, це важливий документ, що подається на розгляд наукового керівника, кафедри, вченої ради або організації, яка виступає замовником дослідження. У будь-якому разі обґрунтування теми має засвідчити фахову підготовку науковця, його обізнаність не лише з темою, а й ступенем її опрацьованості в науковій літературі, напрацювання попередніх періодів.

Таблиця 1.1. – Форма календарного плану-графіка

№ п/п	Назва роботи	Термін		Відмітка про виконання
		декада	місяць	
1	Вибір теми			
	Складання загального календарного плану			
	Підбір літератури			
	Складання детального плану			
	Вивчення об'єкта дослідження			
	Складання календарного плану-графіка написання роботи			
	Написання роботи			
	Рецензування керівником			
	Підготовка до захисту: зовнішнє рецензування, підготовка тексту виступу, підготовка ілюстрацій (презентацій)			
	Захист			
	Погоджено: Науковий керівник _____ _____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я по батькові)	Склав _____ _____ (прізвище, ім'я по батькові)		

Зазвичай обґрунтування містить такі розділи, як актуальність, зв'язок з планами НДР та науковими програмами, мета, завдання, методи, об'єкт і предмет дослідження, очікувані результати (їх загальний огляд та ступінь новизни), структура дослідження. У разі потреби наводять також робочу гіпотезу, необхідний для проведення робіт інструментарій, очікуваний ефект від практичного застосування. Крім того, в обґрунтуванні мають міститися відомості про автора та чітке формулювання теми.

При підготовці обґрунтування теми наукового дослідження необхідно пам'ятати такі широковідомі правила.

1. Вичерпне, коротке та аргументоване формулювання актуальності теми обраного дослідження дає змогу сформулювати початкове ставлення до проблеми. Тому науковцю слід показати місце проблеми або завдання у заданій системі координат, її масштабність, необхідність нагального вирішення та зв'язок з важливими напрямками людської діяльності (в

галузі економіки, екології, соціальній сфері тощо). Потім подається концентрований огляд розробок інших дослідників стосовно вирішення цього завдання з посиланнями і критичними оцінками та перелік невирішених у теоретичному, методологічному або практичному планах питань, які, власне, і розглядатимуться автором.

2. У разі, коли робота не має стати власним пошуковим доробком автора, який передбачається отримати у ході незалежного дослідження, зазвичай вказують на **зв'язок з науковими планами та програмами організації** (навчальний заклад, науково-дослідна установа, конструкторське бюро тощо). Це підсилює значимість результатів, оскільки вони будуть обговорюватись фахівцями у міру написання роботи, отримають впровадження.

3. **Мета і завдання дослідження** мають бути сформульовані методологічно правильно, достатньо коротко, але з необхідними поясненнями щодо завдань (розширене тлумачення). У сукупності вони повинні відповідати принципу системності та методичним вимогам побудови дерева цілей.

4. **Методи дослідження** у момент написання обґрунтування не можуть бути визначені у повному обсязі, оскільки поетапне отримання нових відомостей про об'єкт вимагатиме експерименту, нових підходів. Але основний перелік загальнонаукових та спеціальних методів необхідно сформулювати перед початком робіт. Це підвищить довіру до програми дослідження та підтвердить спроможність автора її виконати. Найвищої оцінки заслуговують такі обґрунтування, в яких не лише наведено набір найбільш популярних універсальних методів, а зроблено пояснення щодо їх застосування до кожного завдання дослідження.

5. **Наукова новизна** на етапі обґрунтування може бути визначена лише як очікування автором певних результатів, що *apriori* порівнюються з уже існуючими розробками. Наукові положення, що належатимуть до новизни,

формулюються чітко, з викладенням основного змісту та принципових положень (або відмінностей). Слід пам'ятати, що до елементів наукового внеску автора відносять:

- наукове узагальнення та систематизацію досліджуваного матеріалу;
- відкриття нових законів, закономірностей, тенденцій, явищ, переваг;
- визначення причинно-наслідкових зв'язків, факторів впливу, суттєвих чи базових елементів системи, функцій розвитку;
- розроблення категоріального апарату;
- типологію (класифікацію) елементів;
- визначення концептуальних рішень та шляхів розв'язання проблеми;
- встановлення принципів, факторів, передумов, типових рис;
- розробку моделей, механізмів, принципових схем, програм;
- підготовку методик.

Крім того, важливе значення мають "негативні" результати дослідження, тобто такі, що доводять недоцільність використання певних теоретичних чи методичних підходів, хибності інших концепцій і т.п.

6. Практичне значення - важливий елемент обґрунтування, який підтверджує значущість теоретичних та методичних розробок автора для використання у процесі життєдіяльності людини (у певній визначеній чи різноманітних галузях). Якщо ступінь попередньої опрацьованості проблеми дає змогу судити про можливий ефект від впровадження (економічний, фінансовий, соціальний, екологічний, організаційний тощо), це стане ще одним важливим моментом обґрунтування.

1.5 Організаційно-методична підготовка наукового дослідження

Організаційно-методична підготовка науково-дослідного процесу починається з розробки програми досліджень. Вона визначає завдання, загальний зміст і народногосподарську значущість, окреслює методи

дослідження. Крім того, у програмі зазначається замовник робіт, підрозділ-виконавець, обсяги і терміни виконання робіт.

На основі програми досліджень складають деталізований план дослідження теми з метою більшої деталізації робіт за обраною темою. У плані встановлюється період виконання робіт, розшифровуються витрати, уточнюються обсяги та джерела фінансування, очікувані результати, визначаються підприємства, на базі яких проводитимуться дослідження, уточнюються терміни відряджень, окреслюються способи збору інформації та ін. План дослідження теми складається із вступу, розділів, глав і параграфів, що мають змістовні заголовки, і висновку. Складаючи план дослідження, необхідно дотримуватися правил і вимог, встановлених державним стандартом "Звіт про науково-дослідну роботу", зокрема виокремлення етапів виконання робіт за темою.

Услід за програмою і планом дослідження теми складається *техніко-економічне обґрунтування* (ТЕО) науково-дослідної роботи. ТЕО відображає найважливіші показники роботи, що дають можливість ще на стадії підготовки дослідження визначити наукову і практичну цінність, передбачуваний економічний ефект від впровадження результатів дослідження. Техніко-економічне обґрунтування містить назву теми і проблеми, до якої ця тема входить, дані про замовника, наукового керівника робіт, підстави для виконання і класифікацію НДР (теоретична, пошукова, прикладна, конструкторська розробка), кошторисну вартість і терміни виконання, місце й час можливого впровадження.

З огляду на це виникає питання про ефективність науково-дослідних робіт. Під економічною ефективністю в цілому розуміють зменшення витрат суспільної та живої праці на виробництво продукції в тій галузі, де впроваджуються закінчені науково-дослідні роботи та дослідно-

конструкторські розробки (НДР та ДКР). Основні види ефективності наукових досліджень такі:

- *економічна ефективність* — зростання національного доходу; підвищення продуктивності праці, якості продукції; зменшення витрат на наукові дослідження;
- *зміцнення обороноздатності країни*;
- *соціально-економічна ефективність* — ліквідація важкої праці, покращення санітарно-гігієнічних умов праці, очищення довкілля;
- *престиж вітчизняної науки*.

Фундаментальні дослідження починають віддавати капіталовкладення лише через значний період часу після початку розробки. Результати їх широко використовують у різних галузях, іноді в тих, де зовсім не очікували. Планувати результати таких досліджень непросто, бо їх складно оцінити за допомогою кількісних критеріїв ефективності. У цьому разі встановлюють тільки якісні критерії: можливість широкого використання результатів досліджень у різних галузях народного господарства країни; новизна явищ, «що дає поштовх для принципового розвитку найактуальніших досліджень; суттєвий внесок в обороноздатність країни; галузь, де можна розпочати прикладні дослідження; широке міжнародне визнання робіт; фундаментальні монографії за темою та індекс цитування їх вченими різних країн.

Ефективність прикладних досліджень оцінити набагато простіше. Для цього застосовують різні кількісні критерії. Економічна ефективність НДР розраховується на всіх етапах проведення досліджень. *Попередній економічний ефект* визначають під час обґрунтування теми та внесення її до плану робіт. Розраховують його за орієнтовними показниками з урахуванням прогнозу обсягу впровадження результатів дослідження в групу підприємств певної галузі.

Очікуваний економічний ефект розраховують у процесі виконання НДР. Його умовно відносять (прогнозують) до певного періоду (року) впровадження продукції у виробництво. Очікувана економія — точніший економічний критерій, ніж попередня економія, хоча в деяких випадках вона є також орієнтовним показником, оскільки обсяг упровадження можна визначити лише орієнтовно. Очікуваний ефект розраховують не тільки на один рік, а й на триваліший період (інтегральний результат). Орієнтовно такий період становить до 10 років від початку впровадження для нових матеріалів і до 5 років для конструкцій, приладів, технологічних процесів.

Фактичний економічний ефект розраховують після впровадження наукових розробок у виробництво, але не раніше, ніж через рік. Визначають його за фактичними витратами на наукові дослідження і впровадження з урахуванням конкретних вартісних показників певної галузі (підприємства), де впроваджено наукові розробки.

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

$$K_E = \frac{E}{B}$$

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

Максимальний економічний ефект, який може бути досягнутий завдяки впровадженню результатів НДР у виробництво за розрахунковий період для запропонованого обсягу впровадження, називають економічним потенціалом НДР.

Якщо наукове дослідження пов'язано з ризиком отримання негативного результату, економічний потенціал НДР визначають за формулою (якщо $p = 1$):

$$E = E_t p - B_q$$

де E_t — розрахунковий економічний потенціал за t років;

p — ймовірність позитивного результату дослідження;

B — підвищені витрати в разі негативного результату;

q — ймовірність негативного результату наукового дослідження.

Економічний ефект зазвичай розраховують у разі виконання науково-дослідних робіт:

- зі створення нових технологічних процесів і засобів виробництва в промисловості, будівництві, сільському господарстві та інших галузях народного господарства, а також у розробці комплексів машин і устаткування для цих процесів;
- з підвищення рівня організації виробництва та управління ним (використання економічних стимулів для розвитку виробництва і міжнародних торгових зв'язків, інвестування високорентабельних виробництв і їх корпоратизації, акціонування, приватизації тощо);
- з дослідження в галузі економічних і соціальних наук, результати яких використовують для підвищення ефективності виробництва та добробуту людини.

Одним із найважливіших етапів організаційно-методичної підготовки науково-дослідного процесу є складання методики дослідження теми, у якій конкретизуються методи, прийоми і способи виконання робіт згідно з метою і планом досліджень. Структурно методика складається із загальних положень, основної частини і висновків.

У розділі загальних положень методики зазначають: мету дослідження обраної теми; формулювання основної гіпотези та обґрунтування її висування для проведення дослідження, розділи та етапи дослідження теми та їхні виконавці; галузь, на матеріалах якої проводитимуть дослідження, базове підприємство; форма й місце впровадження результатів; основні показники техніко-економічного обґрунтування досліджень.

Основна частина методики містить детальне викладення методичних вказівок щодо організації та проведення досліджень. Тут окреслюються об'єкти та методи досліджень, узагальнення та реалізації результатів дослідження, джерела інформації тощо. Для зручності користування методикою як конкретним керівним документом основну її частину поділяють на розділи і параграфи, у яких встановлюють правила проведення окремих робіт у хронологічному порядку згідно з планом дослідження.

Складаючи перелік джерел інформації, зазначають спеціальну вітчизняну і закордонну літературу та довідники, звіти НДІ та реферативні збірники, проектно-конструкторську та технологічну документацію, статистичні збірники і розробки та ін. У методиці також можуть бути представлені форми таблиць, схем, графіків, що складатимуться на основі інформації, зібраної на різних етапах виконання роботи. Таким чином, нова інформація, отримана під час проведення досліджень, накопичуватиметься і групуватиметься цілеспрямовано за певною системою впродовж усього періоду роботи за темою.

В основній частині методики досліджень із широкого набору загальнонаукових і конкретно-наукових методів відбирають ті, що найдоцільніше використовувати під час дослідження конкретної теми.

Застосування кожного методу або прийому необхідно гранично конкретизувати, не описуючи при цьому його змісту. За необхідності проведення експериментальних досліджень визначають підприємство або організацію, де буде поставлено експеримент, а потім розробляють схему організації та проведення експерименту в умовах, максимально наближених до виробництва, визначають способи узагальнення отриманих результатів, корегування первісних висновків і рекомендацій. Наводять також форми представлення результатів (таблиці, відомості, графіки, схеми тощо).

В основній частині методики викладають способи апробації результатів дослідження, наприклад обговорення на наукових конференціях та семінарах, проведення рецензування та експертизи. Зазначають підприємства, на яких буде проведено експериментальне впровадження, корегування і доопрацювання практичних методик, виробничого впровадження. Визначають критерії впровадження результатів виконаної роботи залежно від мети дослідження. Так, наприклад, критеріями впровадження для кандидатських дисертацій:

- використання в практиці роботи органів управління різного рівня;
- використання у звітах про виконання НДР, прийнятих для практичного впровадження;
- використання в навчальному процесі у ВНЗ та інших закладах системи вищої освіти.

Для дипломних (магістерських) робіт студентів — використання в практиці роботи підприємств та інших суб'єктів господарської діяльності., У розділі висновків методики досліджень зазначають форми узагальнення результатів і пропозицій за матеріалами роботи, визначення їхньої наукової новизни і практичної значущості для розвитку певної галузі науки. Тут

також наводять способи визначення напрямів продовження досліджень за темою або припинення їх.

Необхідно відзначити, що в низці випадків під час підготовки наукового дослідження складання методики дослідження не проводиться. Наприклад, у проведенні періодичних типових досліджень або випробувань використовують раніше розроблені та затверджені відповідними органами типові методики, які періодично оновлюють, уточнюють і затверджують в новій редакції.

На основі методики дослідження та згідно з програмою й планом дослідження теми складають *робочий план*. Це завершальний етап роботи на організаційно-методичній стадії науково-дослідного процесу. Робочий план визначає календарні терміни початку й закінчення робіт за етапами, вартість робіт і питому вагу їх у повній сумі витрат. Крім того, у плані зазначають конкретних виконавців за кожним етапом, терміни і форму представлення результатів робіт за етапами. Це дає можливість проводити достовірний облік і контроль ходу виконання робіт, встановлювати розміри і форму стимулювання працівників, уточнювати плани завершення робіт.

У складанні програми, плану та робочого плану дослідження треба враховувати й те, що саме на організаційній стадії повинна бути проведена робота зі створення умов для виконання досліджень. Дослідники повинні бути забезпечені приладами, устаткуванням, обчислювальною технікою; у разі необхідності повинно бути розроблено й виготовлено або придбано експериментальне обладнання та апаратуру, підготовлено процес виготовлення та випробування дослідних зразків продукції тощо. Якщо всі ці питання не вирішено на організаційній стадії, терміни та якість наукового дослідження будуть порушені.

Контрольні запитання і завдання

1. *Складіть програму та план дослідження теми.*
2. *Що таке техніко-економічне обґрунтування?*
3. *Охарактеризуйте основні види ефективності наукових досліджень.*
4. *Як визначити економічний ефект НДР?*
5. *Як скласти методику дослідження теми ?*
6. *Що становить робочий план виконання наукового дослідження?*

1.6 Застосування системного підходу в наукових дослідженнях

Будь-яку систему можна визначити як сукупність, комбінацію або набір взаємопов'язаних елементів, що утворюють єдине ціле. Поняття системи ґрунтується на таких положеннях:

- 1) вона є множиною взаємопов'язаних частин;
- 2) всі елементи множини знаходяться у взаємній залежності;
- 3) вивчення будь-якого елементу субмножини дає можливість виявити властивості єдиного цілого;
- 4) ця сукупність елементів сформована таким чином, щоб реалізувати певне призначення.

Система, у свою чергу, може включати в себе низку підсистем, об'єднаних єдиним процесом функціонування частин або елементів. Вони реалізують певну операцію (програму), необхідну для досягнення мети, що поставлена перед системою.

Одним із головних напрямів реалізації системного підходу в дослідженні будь-яких процесів і явищ, у тому числі технологічних, є використання принципів цілісності, всебічності, системотворних відносин частин і елементів, субординації, динамічності, випереджального відображення.

Принцип цілісності зобов'язує розглядати систему як єдине ціле, якість якого не зводиться до властивостей його окремих складових елементів. Орієнтація на будь-яке одне джерело інформації веде до порушення системного підходу.

Принцип всебічності вимагає враховувати всі внутрішні зв'язки і відносини системи, а також фактори, що впливають на її функціонування.

Принцип системостворних відносин вимагає визначення саме тих зв'язків між частинами або елементами системи, які забезпечують її цілісність, існування та розвиток.

Принцип субординації дозволяє будувати ієрархію елементів і відносин за певними чітко визначеними критеріями (мобільність, адекватність, керованість).

Принцип динамічності характеризує систему як таку, що постійно змінюється. Динамічність зумовлює існування достатньо гнучких зв'язків внутрішньогосподарської взаємодії між елементами системи.

Для теоретичного дослідження та практики суттєве значення має творче узагальнення передового досвіду, а також **принцип випереджального відображення**, згідно з яким не слід обмежуватись лише констатацією наявного стану системи, — необхідно прогнозувати її вірогідний розвиток у ньому.

Принцип всебічного системного підходу пов'язаний з комплексним підходом, сутність якого проявляється у дослідженнях об'єкта в цілому та окремих його елементів, включаючи внутрішні зв'язки. Комплексний підхід враховує також можливі напрями і побічні наслідки реалізації заходів програми, проекту тощо.

Системний підхід зумовлює використання системного аналізу у наукових дослідженнях. Загальноприйнятої методики системного аналізу немає. Зазвичай до наукових інструментів системного аналізу відносять:

- 1) методи і процедури теорії дослідження операцій, що дають змогу

розробляти кількісні рекомендації, необхідні при плануванні й організації цілеспрямованих дій;

2) методи аналізу систем, що використовуються для визначення завдань і вибору шляхів розвитку систем, оцінки поведінки систем в умовах невизначеності;

3) методи системотехніки — методи проектування і синтезу складних систем у результаті вивчення способів функціонування їх елементів.

За своїм характером системний аналіз є науковою методологією. Використання системного аналізу в наукових дослідженнях передбачає проходження таких етапів:

- формулювання проблеми;
- визначення цілей;
- використання і генерування альтернативних варіантів, які ведуть до досягнення поставлених цілей;
- взаємне порівняння альтернатив та вибір оптимального способу досягнення мети.

Запитання і завдання для самоконтролю

1. Назвіть основні етапи організації наукових досліджень.
2. Чим зумовлена необхідність дотримання послідовності етапів організації наукового дослідження?
3. Якою є послідовність роботи з вибору теми дослідження?
4. Назвіть основні вимоги до теми дослідження та її формулювання.
5. Охарактеризуйте необхідний ступінь конкретизації проблеми дослідження.
6. опишіть послідовність та схему розробки структури проблеми дослідження.
7. Назвіть основні складові форми календарного плану-графіка наукового дослідження,

8. Якими є загальновідомі правила обґрунтування теми наукового дослідження?

9. Визначте сутність і принципи реалізації системного підходу в дослідженні.

2 ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Основні терміни і поняття

Під науково-інформаційною діяльністю розуміють сферу людської діяльності щодо задоволення потреб у науково-технічній інформації, причому до поняття науково-інформаційної діяльності входить збір, аналітико-синтетична обробка, зберігання, пошук і поширення науково-технічної інформації. Саме поняття "інформація" досі не має однозначного тлумачення. Спершу під інформацією розуміли відомості, що передаються одними людьми іншим людям усним, письмовим або іншим способом, наприклад за допомогою умовних сигналів, з використанням технічних засобів, або сам процес передачі чи отримання таких відомостей.

Із середини XX століття унаслідок зростання темпів соціального прогресу, розвитку науки, збільшення обсягів інформації виникла необхідність в уточненні цього поняття та кількісній оцінці повідомлень. Під інформацією почали розуміти обмін відомостями не тільки між людьми, а й також між людиною і автоматом, між автоматами, обмін сигналами в тваринному та рослинному світі. Було запропоновано і способи кількісної оцінки інформації. Усе це призвело до створення статистичної, шеннонівської, теорії інформації, яка дала змогу кількісно оцінювати повідомлення, що передаються каналами зв'язку.

Згідно із цією теорією, інформація - це лише ті повідомлення, що зменшують або знищують повністю чи частково невизначеність, яка існувала до їхнього отримання. Невизначеність (H) називають *ентропією* і оцінюють за формулою:

$$H = \log S,$$

де S - кількість можливих станів системи.

Таким чином, кількість інформації, що знімає невизначеність системи

3

N рівно ймовірними станами, визначається за формулою

$$I = \log_2 N.$$

Водночас існує необхідність у кількісній оцінці семантичної (смислової) інформації, до якої належить і науково-технічна інформація. Хоча й було зроблено спробу побудови теорії семантичної інформації, однак у цілому проблема оцінки обсягів семантичної інформації у сфері НТІ залишається поки невирішеною. Основними критеріями оцінки обсягу та якості семантичної інформації є повнота, точність та інші характеристики з урахуванням обмежень, висунутих спеціалістами під час запиту на інформацію.

Теоретичні дослідження проблем, пов'язаних з уточненням наукового поняття інформації, проводяться за трьома основними напрямками.

1. Розроблення математичного апарату, що відображає основні якості та закономірності інформації.
2. Розроблення різних аспектів інформації на базі наявних математичних засобів дослідження різноманітних якостей інформації (наприклад, вимірювання цінності, корисності інформації за допомогою методу експертної оцінки).
3. Розроблення і використання інформаційних методів в науково-інформаційній діяльності, а також в інших галузях знань (біології, соціології, педагогіці та ін.).

Існують кілька концепцій визначення інформації. Одні дослідники (В.М.Глушков, В.І.Сифоров та ін.) вважають, що інформація є однією з основних універсальних якостей матерії - атрибутом усієї матерії. Такий підхід пов'язує поняття інформації з поняттям відображення і отримав назву атрибутивного.

Інші (Б.С.Українець, П.В.Копнін, В.С.Тюхнін та ін.) у визначенні інформації виходять з її нерозривного зв'язку з управлінням, функціонуванням систем самоорганізації та самоуправління і не визнають існування інформації самої по собі і в неживій природі. Така концепція отримала назву функціональної. Нині найпоширеніше загальне визначення поняття інформації тлумачить її як відомості про об'єкти і явища довколишнього середовища, їхні параметри, якості, стан.

Увесь потік інформації можна класифікувати за різноманітними ознаками, наприклад за призначенням, формою сприйняття, ступенем опрацювання тощо. Ми розглядатимемо науково-технічну інформацію. Виходячи з того, що інформація - це відомості, які є об'єктом зберігання, передачі, перетворення, Р.С.Гіляревський, О.І.Михайлов та ін. визначають *наукову інформацію* як отримані в процесі пізнання логічні відомості, які адекватно відображають явища і закони природи, суспільства та мислення і використовуються в суспільно-історичній практиці. Наукова інформація створюється в результаті діяльності окремих науковців і спеціалістів або їхніх колективів і фіксується в системі точних понять, суджень, умовиводів, теорій, гіпотез, тобто інформація стає науковою лише тоді, коли вона пройшла опрацювання та узагальнення абстрактно-логічними методами.

Наукова інформація поділяється на види за сферами її отримання та використання (технічна, економічна, медична, культурна тощо).

Технічна інформація характеризує фізичні процеси в різних об'єктах під час створення продукції з вихідних компонентів.

Економічна інформація дає відомості про вартість об'єктів, витрати праці на їхнє виробництво, ефективність їхньої роботи і т.ін.

Медична, культурна, соціальна інформація містять відомості і факти про людину, колектив або суспільство в цілому як об'єкти дослідження та управління.

Таким чином, **науково-технічна інформація** - це відомості про документи і факти, отримані під час наукової, науково-технічної, виробничої і суспільної діяльності.

У структурі НТІ розрізняють змістовий і формальний аспекти. За В.Сифоровим, інформація за змістом поділяється на :

- інформацію про наукові факти (клас А);
- інформацію про наукові гіпотези, концепції та теорії (клас В);
- інформацію, що об'єднує певну сукупність наукових фактів, гіпотез, концепцій, теорій і законів, що створюють основу певної науки чи галузі знань (клас С);
- інформація, що відображає і формує загальний підхід до пізнання і вимірювання довколишнього середовища (клас Д).

Формальна структура також ієрархічна: низові рівні є загальними для всієї семантичної інформації - окремі букви, слова, фрази, смислові комплекси. На вищому рівні наукової інформації міститься науково-технічна література. Змістовий і формальний аспекти наукової інформації перебувають у взаємозв'язку.

Серед основних властивостей науково-технічної інформації розрізняють такі:

- невідривність від фізичного носія;
- неадитивність, некомунікативність, неасоціативність (тобто інформація, що міститься в повідомленні, не є арифметичною сумою елементів, які його складають; ці елементи не можна розташовувати в довільній послідовності без викривлення змісту повідомлення й групувати в довільні сполучення);
- цінність (інформація тим цінніша, чим більше вона сприяє досягненню цілі, поставленої перед її одержувачем);
- суспільна природа (джерелом інформації є пізнавальна діяльність

людини, суспільства);

- мовна природа (інформація виражається за допомогою мови - знакової системи будь-якої природи, що є засобом спілкування, мислення, відображення думок);
- семантичний характер;
- незалежність від мови та носія;
- дискретність (одинацями інформації є слова, речення, уривки тексту, а в аспекті змісту - поняття, опис фактів, гіпотези, теорії, закони тощо);
- кумулятивність (концентрація інформації з часом);
- незалежність від створювачів;
- старіння (поява нової інформації, що робить попередню інформацію неправильною, такою, що неадекватно відбиває процеси і явища світу, що нас оточує);
- розпорошення (існування в численних наукових працях за рахунок процесів диференціації та інтеграції пізнання).

Вивчення властивостей інформації є одним з найважливіших розділів науки про інформацію. Однак оскільки й досі нема чіткого та однозначного визначення самого поняття інформації, то немає і єдиного підходу до визначення змісту науки про інформацію. Ми користуватимемося таким: **інформатика** - наукова дисципліна, що вивчає структуру й загальні властивості наукової інформації, а також закономірності всіх процесів наукової комунікації. Інтереси її поширюються і на способи надання інформації в природних, а також у штучних системах; використання кодів для ефективної передачі, зберігання і пошуку інформації; обчислювальні машини та їхнє програмне і математичне забезпечення та ін. Тобто наука про інформацію - комплексна галузь знань, пов'язана з математикою, логікою, лінгвістикою, психологією, обчислювальною технікою, дослідженням операцій,

бібліотекознавством, поліграфією, статистичною теорією інформації, організаційним управлінням тощо. Наука про інформацію має свою теорію, що вивчає предмет безвідносно до його використання, і прикладну частину, спрямовану на розвиток інформаційних послуг.

Контрольні запитання і завдання

1. *Що розуміють під науково-інформаційною діяльністю?*
2. *Розкрийте поняття науково-технічної інформації.*
3. *Що є змістовою і формальною структурою науково-технічної інформації?*
4. *Сформулюйте основні властивості НТІ.*
5. *Що становить наука про інформацію?*

2.2 Типи наукових документів, сфера їхнього створення та використання

Під документом розуміють матеріальний об'єкт, що містить фіксовану інформацію для її збереження та використання. ***Науковим документом*** у науково-технічній інформації називають носій, у якому зафіксовано наукові дані або науково-технічну інформацію з обов'язковим посиланням на те, де, ким і коли його було створено. Таким чином, в інформатиці документом вважається будь-який матеріальний носій інформації (наприклад, бухгалтерське оформлення, книжка, звіт тощо).

Залежно від їх виготовлення розрізняють текстові наукові документи (книжки, журнали, звіти тощо), графічні (кресленики, схеми, діаграми), аудіовізуальні (звукозаписи, кіно- та відеофільми), електронні (записи на електронних носіях, інформація в комп'ютерних мережах).

У практиці науково-інформаційної діяльності документи поділяють на *первинні* та *вторинні*. Прийнято вважати, що в *первинних документах*

містяться безпосередні результати наукових досліджень і розробок, нові наукові дані або нове осмислення відомих ідей і фактів, а у *вторинних* - результати аналітико-синтетичного і логічного опрацювання одного або кількох первинних документів або відомості про них. Розподіл документів на первинні і вторинні є досить умовним: у багатьох вторинних документах, наприклад, містяться водночас і результати НДР і ДКР, і результати раніше отриманих наукових даних. Видову структуру наукових документів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Видова структура наукових документів

Характер документа	Первинний	Вторинний
Книжки, брошури	Монографії, збірники, матеріали конференцій, конгресів, з'їздів, навчальні видання, офіційні видання тощо	Неперіодичні бібліографічні, реферативні, оглядові видання, енциклопедії, довідкові видання словники тощо
Періодичні	Видання з продовженням, журнали, бюлетені, газети тощо	Бібліографічні (покажчики, картотеки), реферативні (картотеки, журнали, збірники), експрес-інформація, офіційні бюлетені, покажчики промислових каталогів, інформаційні листки та ін.
Спеціальні	Нормативно-технічні документи, промислові каталоги та ін.	Покажчики стандартів і технічних умов, вітчизняних та закордонних винаходів та ін.
Рукописні	Звіти про НДР та ДКР, дисертації, депоновані рукописи, наукові переклади, конструкторська документація, інформаційні повідомлення про проведені науково-технічні конференції, семінари, симпозиуми тощо	Бюлетені реєстрації НДР і ДКР, збірники рефератів НДР та ДКР, реєстраційні та інформаційні картки, облікові картки дисертацій, покажчики депонованих рукописів, інформаційні повідомлення тощо

Серед наукових документів розрізняють документи *друковані* та *рукописні* (або *друкарські*). Однак із розвитком науково-інформаційної діяльності цей розподіл став менш суттєвим у зв'язку з наявністю в рукописних документах інформації, якої ще нема в друкованих джерелах і

яка оперативно поширюється за допомогою новітніх засобів репродукції та комп'ютерної мережі.

Під друкованим документом розуміють друковану продукцію, яку піддавали редакційно-видавничому опрацюванню (книжки, журнали, брошури). Класифікацію друкованих джерел інформації наведено в таблиці 2.2.

Книжки - це багатосторінкові неперіодичні твори обсягом понад 48 сторінок. Особливістю книжки є те, що в ній сконцентровано величезний досвід і знання, накопичені людством за всю попередню історію. Однак відомості, що містяться в книжці, застарівають, бо на її підготовку і видання потрібні великі витрати часу.

Брошура - друковане видання обсягом від 5 до 48 сторінок - містить оперативну інформацію. Серед книжок і брошур велике наукове значення мають **монографії**, у яких подано результати всебічного вивчення однієї проблеми чи теми та які належать одному автору або невеликій групі авторів (в останньому випадку монографію називають колективною); **збірники наукових праць**, що містять низку матеріалів одного або кількох авторів; **реферати** та різноманітні офіційні або наукові матеріали. Особливе місце серед книжок, що використовуються у сфері наукової інформації, посідають **навчальні видання** - неперіодичні видання, що містять систематизовані відомості наукового й прикладного характеру, викладені у зручній для викладання та вивчення формі.

Найбільш поширеними *документами, що публікуються*, є книги і брошури, їх перевага полягає у систематизованому і повному викладі інформації. Крім того, існують періодичні видання, збірники, матеріали наукових конференцій, семінарів, праці наукових закладів тощо. Найбільший інтерес серед оперативних джерел інформації мають журнали.

Таблиця 2.2 – Класифікація друкованих джерел інформації

Вид видання	Характеристика за призначенням
1	2
Офіційні	Публікації законодавства, нормативно-правових актів державних і господарських органів управління
Наукові	Результати наукових, експериментальних та інших досліджень у різних сферах знань
Науково-популярні	Відомості з різних галузей науки і техніки, призначені для ознайомлення непрофесійного загалу читачів
Підручники	Знання наукового і прикладного характеру, зведені в систему, призначені для педагогічних цілей
1	2
Виробничі	Знання з технології, техніки, організації виробництва, менеджменту, маркетингу, бухгалтерського обліку та аудиту та інші, призначені для використання в практичній діяльності фахівцями певного профілю
Довідкові	Стисла наукова і прикладна інформація для ознайомлення фахівців у певній галузі знань, а також для наукових досліджень і професійної
Нормативно-виробничі	Правила, норми і нормативи, технологічні вимоги, стандарти, призначені для використання у виробництві, менеджменті, маркетингу та іншій практичній діяльності
Рекламні	Відомості про вироби, послуги, які рекомендуються з метою залучення покупця
Патентно-ліцензійні	Право на використання інтелектуальної власності, трудову діяльність у певній сфері виробництва або бізнесу
Каталоги	Нормативно-виробничі довідники з різних видів знань наукового та прикладного характеру
Проспекти	Видання рекламного характеру, що стосуються конкретного виду товару, машин, устаткування для залучення покупців
Інформаційні	Систематичні відомості про видані праці з питань науки і практичної діяльності у різних галузях народного господарства

До первинних документів, *що не публікуються*, належать науково-технічні звіти, інформаційні картки, дисертації, депоновані рукописи, препринти тощо. Вони залишаються у формі рукопису та існують у невеликій кількості примірників. *Науково-технічний звіт* є змістовним відображенням результатів науково-дослідної чи дослідно-конструктивної роботи. *Інформаційні картки* містять короткі відомості про завершені науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, нові вироби, інновації тощо. *Кандидатські і докторські дисертації* становлять інтерес для спеціалістів, оскільки містять інформацію, що вирізняється науковою

новизною і практичною значимістю. *Депоновані рукописи* (лат. *deponere* - віддавати на збереження) - це інформація, що знаходиться на збереженні уповноважених органів науково-технічної інформації та надається для ознайомлення відповідно до запитів. *Препринти* - це друкованим способом розмножені неопубліковані статті, доповіді, узагальнення, які виготовляються для апробації наукових даних.

До *вторинних* наукових документів належать ті, що є результатом аналітико-синтетичної і логічної переробки первинної наукової інформації: інформаційні видання, каталоги, картотеки, бібліографічні видання, довідкова література. До складу бібліографічних видань входять сигнальна інформація, реферативні журнали, експрес-інформація, огляди, друковані картки. *Сигнальна інформація* - це оперативне друковане повідомлення про нові публікації та можливість отримання доступу до них. *Реферативний журнал* - це періодичне видання, в якому публікуються реферати, анотації та бібліографічні описи літератури, що представляють найбільший інтерес для науки і практики. *Експрес-інформація* - періодичне видання, що містить розширені реферати статей, описи винаходів і публікацій, які дають можливість отримати інформацію про їх сутність та зміст, не звертаючись до першоджерел. *Друковані бібліографічні картки* містять повний бібліографічний опис джерел інформації. З них складаються *каталоги* - набори відповідним чином систематизованих карток, наявних у бібліотеці книжок, журналів та інших друкованих матеріалів. *Картотека* - це перелік всіх друкованих матеріалів, виявлених з певної тематики. Бібліографічні видання забезпечують повну інформацію про нові публікації з будь-якого питання та містять *бібліографічні покажчики* - перелік структурованої тематичної літератури. До складу вторинних документів також входять енциклопедії та різного роду довідники.

Найоперативнішим джерелом науково-технічної інформації є періодичні видання, що виходять через певні інтервали часу, постійним для кожного року числом номерів, що не повторюються за змістом, з типовим оформленням, нумерованими та (або) датованими виданнями, що мають однакову назву і зазвичай однакові обсяг і формат. Традиційними видами періодичних видань є газети і журнали. До періодичних належать також видання з продовженням, що виходять через невизначені інтервали часу, у міру накопичення матеріалу. Зазвичай це збірники наукових праць ВНЗ, наукових товариств, що публікуються без суворо встановленої періодичності під загальною назвою "Праці", "Вчені записки", "Відомості" та ін.

До спеціальних видів технічних видань належить нормативно-технічна документація, що регламентує науково-технічний рівень та якість продукції: стандарти, типові положення, методичні рекомендації тощо. Найважливіші з них ***стандарти*** - нормативно-технічні документи, що встановлюють комплекс норм, правил, вимог до об'єкта стандартизації і затверджені компетентним органом. Залежно від змісту стандарти містять: технічні вимоги та умови, параметри й розміри, типи, конструкції, марки, сортаменти, правила приймання, методи контролю, правила експлуатації та ремонту, типові технологічні процеси тощо. Стандарти поділяються на вітчизняні, національні закордонних країн, фірм та асоціацій, міжнародних організацій. Важливе значення для постановки науково-дослідних робіт має патентна документація, що становить сукупність документів, які містять інформацію про відкриття, винаходи та інші види промислової власності, а також відомості про охорону прав винахідників. Патентній документації властивий найвищий ступінь достовірності, бо вона обов'язково підлягає експертизі на новизну й корисність.

Рекламні буклети - це художньо оформлені й видані засобами поліграфії вироби, які пропагують кращі зразки продукції, товарів чи послуг для ринку.

Нормативно-виробничу документацію (технологічну, проектну тощо), рекламну, каталоги видають найчастіше у форматі альбомів.

Рукописні, або друкарські, **документи** - це носії інформації, які не піддавали редакційно-видавничому опрацюванню і які не видано засобами поліграфії (науково-технічні звіти, документи обліку господарської діяльності, дисертації).

Особливими друкарськими документами є депоновані рукописи, які використовуються як носії інформації в процесі наукових досліджень. **Депонованими** (переданими на зберігання) називають наукові роботи, що виконані індивідуально або у співавторстві і розраховані на обмежене коло користувачів. Депонування здійснюють централізовано органи науково-технічної інформації. В Україні це Інститут науково-технічної інформації та техніко-економічних досліджень.

Депонування здійснюють з метою ознайомлення вчених і спеціалістів з рукописами статей, оглядів, монографій, матеріалів конференцій, з'їздів, нарад і симпозіумів вузькоспеціального характеру, які недоцільно видавати засобами поліграфії (книжки, журнали, брошури). Рішення про передачу на депонування монографій, статей та ін. матеріалів приймають вчені ради проектно-конструкторських, технологічних та інших наукових організацій. На депонування не приймають звітів з науково-дослідної і проектно-конструкторської роботи, дисертацій, тез доповідей, крім зроблених на міжнародних, республіканських конференціях, симпозіумах, семінарах. Реферати депонованих рукописів, їхній бібліографічний опис публікують у реферативних журналах.

Депонування відкриває широкі можливості для використання науково-технічної інформації, яка не була опублікована у зв'язку з

невеликою кількістю користувачів або через інші причини. Автори депонованих робіт зберігають право на їх публікацію в наукових, науково-технічних та інших виданнях. У разі публікації необхідно тільки зробити посилання на депонований рукопис і зазначити місце його зберігання.

Як уже згадувалося, розподіл наукових документів на друковані і рукописні є досить умовним, наприклад автореферат дисертації публікується за редакційно-видавничими правилами, але на правах рукопису, а депонований рукопис, навпаки, має права друкованого документа.

Традиційним засобом впорядкування документальних фондів є бібліотечно-бібліографічні (документні) класифікації. Найбільшого поширення набула *Універсальна десятикова класифікація (УДК)*, яку використовують більш як у 50 країнах світу і яка юридичне є власністю Міжнародної федерації з документації (МФД), що відповідає за подальше розроблення таблиць УДК, їхній стан і видання. УДК є міжнародною універсальною системою, яка дає змогу докладно представити зміст документальних фондів і забезпечити оперативний пошук інформації, має можливість подальшого розвитку і вдосконалення. Вона складається з основної та допоміжної таблиць. Основна таблиця містить поняття і відповідні їм індекси, за допомогою яких систематизують людські знання. Перший ряд ділень основної таблиці УДК має такі класи:

- 0 - Загальний відділ. Наука. Організація. Розумова діяльність. Знаки та символи. Документи і публікації.
- 1 - Філософія.
- 2 - Релігія.
- 3 - Економіка. Праця. Право.
- 4 - Вільний з 1961 року.
- 5 - Математика. Природничі науки.
- 6 - Прикладні науки. Медицина. Техніка.

- 7 - Мистецтво. Прикладне мистецтво. Фотографія. Музика.
- 8 - Мовознавство. Філологія. Художня література. Літературознавство.
- 9 - Краєзнавство. Географія. Біографія. Історія.

Кожен із класів поділено на десять розділів, які, у свою чергу, поділено на десять підрозділів, тощо. У межах кожного розділу використовують ієрархічну побудову від загального до окремого із застосуванням того самого десятикового коду. Деталізацію понять виконують за рахунок подовження Індексів - кожна наступна цифра, що додається до індексу, уточнює значення і зміст попередніх. Наприклад: 5 - Математика. Природничі науки; 53 - Фізика; 536 - Термодинаміка тощо. Допоміжні таблиці дають змогу проводити подальшу деталізацію індексів.

Різноманітність існуючих видів документів пов'язана з характером закріплення знань, з різноплановістю діяльності людей. Будь-який документ, створений у науковій або науково-технічній сфері, відбиває конкретну наукову ситуацію на всіх етапах розроблення науково-технічної ідеї від її створення, накопичення та узагальнення фактів до створення і перевірки теорій та їхнього практичного втілення. Науково-технічні документи не тільки фіксують суть і результати певної діяльності, а і є засобом передачі інформації.

У творчій діяльності науковців і науково-технічних спеціалістів можна виділити кілька основних етапів, на кожному з яких створюють реальні види документів, їх наведено в таблиці 2.3.

У свою чергу, спеціалісти використовують наявну інформацію залежно від етапу роботи, яку вони виконують. На початку досліджень і розробок вчені та спеціалісти відчують потребу в інформації для обґрунтування доцільності виконання цієї роботи з урахуванням наявного рівня розвитку науки і техніки в певній галузі знань. Потім виникає необхідність в інформації для вибору раціонального напрямку в роботі з врахуванням існуючих аналогів.

І нарешті, виникає потреба зіставити досягнуті результати з іншими вітчизняними та закордонними аналогами для оцінки рівня виконаної роботи.

Таблиця 2.3 – Види науково-технічних документів, що створюються в результаті науково-технічної діяльності

Вид діяльності та основні етапи	Документи для внутрішнього використання	Документи для зовнішнього інформування	Документи, що публікуються
1	2	3	4
1. Науково-дослідницька діяльність			
1.1. Розробка ТЗ та НДР	Технічні пропозиції, ТЗ, аналітичний огляд	Аналітичний огляд, реєстраційна картка (РК)	Аналітичний огляд
1.2. Вибір теми дослідження	Аналітичний огляд, перспективний і річний плани, методики роботи, технічні пропозиції, проміжний звіт	Аналітичний огляд, проміжний звіт, інформаційна картка (ІК), рукописи статей	Статті
1.3. Теоретичні та експериментальні дослідження	Журнал дослідника, лабораторний журнал, протоколи, акти випробувань, проміжний звіт, ТЗ на конструювання, розрахунки, кресленики, звіти конференцій	Рукописи статей, депоновані рукописи, проміжний звіт, ІК, заявки на винаходи, патентування, рукописи доповідей, препринти, дисертації	Теоретичні статті, статті про результати експериментального дослідження, описи винаходів, авторські свідоцтва, патентні описи, тези доповідей, доповіді, брошури, монографії, підручники
1.4. Узагальнення та оцінка результатів досліджень	Звіт про НДР, картки технічного рівня і якості	Звіт про НДР, ІК, заявки на винаходи, рекомендації про використання результатів, пропозиції щодо проведення додаткових досліджень	Статті, описи винаходів, авторські свідоцтва
2. Конструкторська діяльність			
2.1. Розроблення проектної документації	Технічні пропозиції, технічний проект, пояснювальні записки	Технічні умови, заявки на винаходи	Описи винаходів, авторські свідоцтва

2.2. Розробка робочої документації	Креслення, специфікації, схеми, технічні описи, інструкції з організації виробництва, інструкції з експлуатації	Технічні умови, заявки на винаходи, проекти стандартів	Описи винаходів, авторські свідоцтва, стандарти та інші нормативно-технічні документи
3. Виробнича діяльність			
3.1. Виробниче проектування	ТЗ, технічний проект, робоча документація	ІК	Інформаційний листок
3.2. Виробниче освоєння	Технологічна документація, технологічна карта, документи щодо технологічної підготовки виробництва, карти технічного рівня, технічний звіт	Проекти стандартів, заявки на рац. пропозиції, винаходи, заявки на промислові зразки, заявки на товарні знаки, рукописи статей	Стандарти, збірники рац. пропозицій, авторські свідоцтва, повідомлення про реєстрацію промислового зразка, товарного знака, статті
3.3. Рекламування та експонування, збут промислової продукції	Аналітичний огляд ринка, прогноз попиту, плани експозиції, документи для оформлення та продажу ліцензій	Проекти художнього та текстового рішення реклами, номенклатура виробів, ліцензійні угоди	Номенклатурні довідники, каталоги, проспекти, прейскуранти, цінники, повідомлення про ліцензійні угоди

Контрольні запитання і завдання

1. *Що розуміють під науковим документом?*
2. *Охарактеризуйте документи первинні і вторинні.*
3. *Дайте визначення документів друкованих і рукописних.*
4. *Охарактеризуйте основні види друкованих джерел інформації.*
5. *Що становить депонування?*
6. *Охарактеризуйте УДК як засіб впорядкування документальних фондів.*
7. *Розкрийте зв'язок між окремими етапами науково-технічної діяльності і різними видами наукових документів.*

2.3 Закономірності зростання, розпорошення та старіння наукових документів і аналіз документальних інформаційних потоків

Розглянуті вище джерела інформації створюють систему наукових документів і видань, для якої характерні певні закономірності, що відображають розвиток науки. Найважливішими з них є закономірності їхнього зростання, розпорошення та старіння.

Зі збільшенням витрат на розвиток науки, подальшою інтенсифікацією наукової праці та залученням до цієї сфери дедалі більшої кількості нових наукових кадрів спостерігається безперервне *зростання кількості документів*, що є продуктом діяльності вчених і спеціалістів. Аналіз зростання кількості журналів і статей, що в них містяться, за окремими галузями науки і техніки показує, що це зростання в основному характеризується експоненціальною залежністю з різними показниками для різних наукових галузей. Так, наприклад, зростання кількості бібліографічних журналів за останні 200 років характеризується експоненціальною залежністю з подвоєнням за кожні 18 років, зростання кількості журналів з математики за 100 останніх років - такою самою залежністю з подвоєнням за кожні 28 років.

Іншою закономірністю, характерною для системи документів, є їхня *концентрація та розпорошення*. Як відомо, сучасний етап розвитку науки характеризується, з одного боку, диференціацією наукових досліджень, їхньою спеціалізацією, а з іншого - інтеграцією наукових напрямів, взаємопроникненням їхніх методів досліджень. Диференціація наукових досліджень обумовлює спеціалізацію наукових видань, коли в профільних, фахових виданнях розміщуються переважно статті за певними галузями знань. Інтеграція ж зумовлює зворотний процес - обмін інформацією між різними науковими напрямами, що сприяє їх розпорошенню.

Нарешті, третьою закономірністю системи наукових документів є *застарівання* видань. Цей термін означає, що документи зі збільшенням

часу з моменту їхньої підготовки втрачають цінність як джерела інформації й дедалі менше використовуються вченими і спеціалістами. Для визначення швидкості застарівання видань американські вчені Р.Бартон і Р.Кеблер запропонували таку одиницю вимірювання, як напівперіод життя видань, тобто час, упродовж якого половиною всієї опублікованої на цей момент літератури з певної галузі знань перестають користуватися. Результати досліджень Бартон і Кеблера свідчать про те, що, наприклад, напівперіод життя журнальних статей з фізики дорівнює 4,6 року, фізіології - 7,2 року, хімії - 8,1 року, ботаніки - 10 рокам, математики - 10,5 року, геології - 11,8 року і под. Виявлено також, що огляди, які містять більше узагальнювальної інформації і всебічно досліджують проблеми, застарівають повільніше, ніж журнальні статті.

Аналіз первинних і вторинних наукових документів, що створюють документальні потоки, дає змогу отримати об'єктивну картину наявного стану і розвитку науки в цілому та окремих наукових напрямів. Вивчення потоків науково-технічної інформації дає можливість планувати і керувати розвитком науки, прогнозувати тенденції розвитку науково-інформаційної діяльності та вдосконалювати її. Під час дослідження документальних інформаційних потоків застосовують кілька видів аналізу.

Кількісний аналіз враховує такі параметри, як чисельність первинних документів та інформаційних видань, їхні обсяги, показники розпорошення і застарівання, кількість авторів, частоту цитування та кількість запитів користувачів. Проводячи цей вид аналізу, доцільно охоплювати галузі науки, окремі наукові напрями, проблеми, країни, знаходити взаємозв'язок усіх параметрів і визначати динаміку процесу.

Якісний аналіз базується на вивченні змісту документів, визначенні цінності, достовірності й повноти інформації, що стосується ідей, методів дослідження, фізичних принципів, конструктивних рішень, техніко-

економічних та експлуатаційних характеристик виробів, економічних, маркетингових факторів тощо.

Аналіз інформаційних зв'язків передбачає виявлення взаємозв'язку між окремими науковими дисциплінами (напрямами), країнами, школами, колективами, вченими, інтенсивності цих зв'язків, каналів передачі інформації, зміну зв'язків у часі й просторі. Одним із найефективніших методів аналізу інформаційних зв'язків є аналіз мереж цитування, що дає змогу визначити відносну цінність виконаних досліджень, тобто ступінь зацікавленості в них суспільства та науковців. До того ж він дає можливість вченим і спеціалістам знайти своїх однодумців або опонентів, ознайомитися з їхніми методами роботи, визначити внесок різних шкіл і колективів у розвиток науки, перспективність проблем, які вони розробляють, тощо.

Аналіз структури документного потоку спрямований на виявлення видової структури документів (зміни співвідношення між різними видами й типами документів), характеру видань (теоретичні, прикладні, експериментальні роботи, співвідношення між ними, а також фактів, методів, концепцій, що дає змогу дослідити стадії розвитку певного наукового напрямку.

Контрольні запитання і завдання

- 1. Розкрийте основні закономірності розвитку системи наукових документів.*
- 2. Опишіть методи аналізу наукових документів.*

2.4 Роль інформації у наукових дослідженнях

Основою будь-якого наукового дослідження є **інформація** - сукупність повідомлень, яка визначає міру знань про ті чи інші явища, факти, події та їх взаємозв'язок. За даними ЮНЕСКО, у сфері виробництва

і поширення інформації у промислове розвинутих країнах зайнято більше половини населення. Крім того, інформація в сучасному світі стає одним із різновидів експорту.

Всі елементи дослідницької діяльності тісно пов'язані зі збором, переробкою та зберіганням інформації (рисунок 2.1.).

Якість інформації в науковому дослідженні визначається такими критеріями: цільове призначення, цінність, надійність, достовірність, достатність (повнота), а також швидкодійність, періодичність, детерміністичний характер, дискретність, безперервність, спосіб і форма подання.

Оскільки одна і та ж інформація може використовуватись для різних цілей - створення нових концепцій, встановлення взаємозв'язків, вирішення проблем, пошуку нових фактів тощо, тому досліднику насамперед необхідно встановити її цільове призначення.

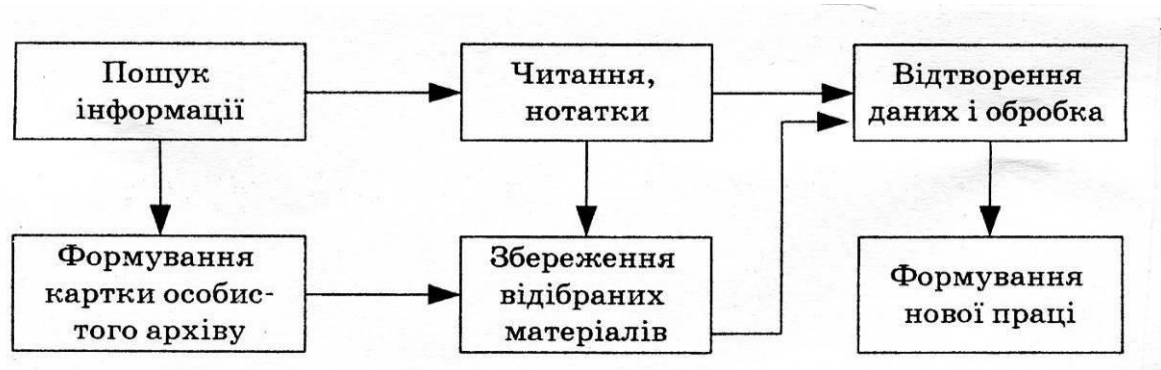


Рисунок 2.1 – Зв'язок дослідницької та інформаційної діяльності.

Цінність інформації визначається економічним ефектом, який дає її використання. Практичне завдання, що стоїть перед науковцем, визначає характер та обсяг необхідної інформації і вимагає відмовитись від такої інформації, що не має прямого відношення до об'єкта дослідження. У такий спосіб забезпечується достатність або повнота інформаційної бази дослідження.

Цілями науково-інформаційної діяльності є багатоаспектний пошук, збір джерел, аналіз і синтез даних, їх опрацювання, збереження, відтворення та трансформація пасивної інформації в активну.

Організація і проведення досліджень значною мірою залежить від складу, змісту й характеру залучених джерел, які у свою чергу визначаються метою і практичним призначенням розробок.

Етап добору інформації для проведення наукових досліджень - один з ключових. Існує думка, що найкраще рішення проблеми складається на 90% з інформації і на 10% з натхнення. Власне інформацію можна віднести до категорії абстрактних понять, але низка таких особливостей, як можливість фіксування, передачі, зберігання, знищення інформації наближають її до матеріальних об'єктів. Процес задоволення потреб конкретних користувачів в інформації, заснований на використанні спеціальних методів, і засобів її отримання, опрацювання, накопичення та видачі в зручному для користувача вигляді, називають **інформаційним забезпеченням (ІЗ)**.

Існують різні методи класифікації інформації, яку використовують у наукових дослідженнях, наприклад за способом відображення (цифрова, текстова, алфавітна, графічна тощо); за насиченням даних (недостатня, достатня, зайва); за способом представлення (директивна, розпорядча, звітна і под.), за періодичністю або стабільністю виникнення даних (постійна, змінна, епізодична); за призначенням (довідкова, нормативна, сигнальна, регулююча) тощо.

Наприклад, в основу класифікації ІЗ наукового дослідження з економіки з позицій завдань і ролі, яку ІЗ виконує в науково-дослідному процесі, фахівці поклали професійну інформаційну комунікацію, пізнавальність інформації та зміст інформаційного забезпечення (рисунк 2.2.)



Рисунок 2.2 – Класифікація інформаційного забезпечення науково-дослідного процесу.

Професійна інформаційна комунікація заснована на контактах працівників, зайнятих у науково-дослідному процесі. Розрізняють такі основні види професійної інформаційної комунікації наукових працівників:

- *робоча* — між членами підрозділу або робочої групи під час проведення наукових досліджень;
- *інформаційна пряма* — вивчення інформації про стан об'єктів і їхню поведінку в динамічних процесах виробничої та фінансово-господарської діяльності;
- *інформаційна непряма* — вивчення нормативно-правових актів, що регулюють поведінку об'єктів дослідження, методичних вказівок та інструкцій, що стосуються виконання науково-дослідних процедур, службове листування тощо;
- *інформаційна опосередкована* — вивчення даних про виробничу та фінансово-господарську діяльність підприємств однієї галузі і зіставлення їх з даними підприємства, що вивчається, спеціальна

література, інформація радіо, телебачення тощо.

За ступенем пізнавальності інформацію поділяють на нову та релевантну.

Нова інформація відображає новизну запропонованого рішення або обґрунтовує причину недоліків, виявлених дослідженням.

Релевантна інформація, тобто така, зміст якої відповідає інформаційній потребі, міститься в аналогах, прототипі і стосується лише тієї частини досліджуваних об'єктів, де виявлено суттєві відмінності.

Для всього різноманіття видів інформаційного забезпечення існують такі основні принципи його формулювання:

1. **Актуальність.** Інформація повинна реально відображати стан об'єкта дослідження на кожен проміжок часу.
2. **Достовірність.** Інформація повинна точно відтворювати об'єктивний стан і розвиток об'єкта дослідження.
3. **Повнота відображення.** Необхідно враховувати всі чинники, що впливають на стан об'єкта.
4. **Інформаційна єдність.** Представлення інформації в такій системі показників, за якої унеможлиблювалася б суперечність у висновках і неузгодженість первинних і висновкових даних.
5. **Релевантність даних.** Дає змогу отримувати інформацію відповідно до висунутих вимог, виключає роботу із зайвими даними.

У зв'язку з великими темпами кількісного зростання інформації забезпечення останньої вимоги набуває з часом дедалі більшого значення. Тому органи науково-технічної інформації взяли на себе функцію аналізу і синтезу НТІ. Загалом будь-яке наукове дослідження можна розглядати як процес аналітико-синтетичного опрацювання величезної кількості інформації, яке проходить у три стадії. По-перше, на базі спостережень накопичується досвід і отримується інформація для аналізу. Потім, на

наступній стадії, з отриманої раніше інформації виділяють суттєве, узагальнюють і роблять висновки. І нарешті, на третій стадії отримані висновки перевіряють практично і використовують в людській діяльності. Продукти такого опрацювання інформації з'являються як в процесі дослідницької, так і науково-інформаційної діяльності. Розрізняють наступні види аналітико-синтетичної переробки наукових документів: бібліографічний опис, анотування, реферування, критична оцінка та узагальнення, складання оглядів, доповідей.

Бібліографічний опис — це і процес, і результат складання за встановленими правилами переліку відомостей про документ, що дає змогу повністю визначити цей документ і знайти його серед інших для використання в різних видах робіт.

Анотування — процес складання стислої характеристики змісту і призначення документа, основної його теми і мети виконаної роботи. Результат цього процесу є *анотація*.

Реферуванням називають стислий виклад змісту первинного документа (або його частини) з основними фактичними даними та висновками. У процесі реферування виконують семантичну компресію (стискання) тексту. Результат цього процесу — *реферат*, який містить тему, предмет, об'єкт, мету, метод проведення роботи, отримані результати, висновки, сферу використання.

На етапі *критичної оцінки та узагальнення науково-технічних даних* здійснюють їхню систематизацію; "стискання" (скорочення фізичних обсягів) даних; їх аналіз та оцінку; визначення актуальності тих чи інших науково-технічних даних для конкретних галузей науки і техніки.

Найскладнішим видом аналітико-синтетичного опрацювання науково-технічної інформації є підготовка оглядів науково-технічної літератури та щорічних доповідей і найважливіших вітчизняних і закордонних досягнень у сфері науки, техніки та виробництва.

Огляд — текст, що містить синтезовану інформацію з якогось питання чи низки" питань, вилучену з деякої множини спеціально підібраних з цієї метою первинних документів, виданих за певний час.

Розрізняють бібліографічні, реферативні, аналітичні огляди. Бібліографічний огляд містить характеристику первинних документів як джерел інформації, що з'явилися за певний час або поєднаних за якоюсь загальною ознакою. Реферативний огляд містить систематизовані дані і факти та узагальнену інформацію про стан питання без їх критичної оцінки автором огляду. Аналітичний огляд — це всебічний аналіз всієї інформації, що міститься у вихідних первинних документах, її аргументовану оцінку і обґрунтовані рекомендації щодо використання цієї інформації.

Крім того, огляди розрізняють: за предметом аналізу (бібліографічні та огляди стану питання); за метою складання (відображення досягнень науки чи техніки в конкретній галузі і за певний період часу; спрямовані на вирішення конкретних практичних завдань та ін.); за призначенням (для вузьких спеціалістів, керівників; науково-популярні); за видами використаних першоджерел (огляди періодичних видань, патентних описів, рекламних повідомлень тощо).

Особливе місце в інформаційній діяльності органів НТІ посідає підготовка *доповідей про найважливіші вітчизняні і закордонні досягнення в галузі науки, техніки і виробництва*. Доповіді складаються щорічно і містять вивчені і проаналізовані відомості про науково-технічні досягнення і пропозиції щодо практичного їх використання. Залежно від способу подання вся інформація, що міститься у науковому документі, поділяється на сигнальну, релевантну (виправдану), бібліографічну і нову (основну).

Сигнальна інформація допомагає досліднику орієнтуватися у змісті наукового документа і включає титульний лист, анотацію, заголовки, зміст та ін.

Релевантна (виправдана) інформація міститься у тексті, в примітках, авторських поясненнях і має на меті уточнити основну інформацію або дати певні тлумачення.

Бібліографічна інформація — це дані про використання дослідником літературних джерел із зазначенням автора, назви його праці, місця видання, видавництва і року видання.

Новою, або основною, інформацією є зміст роботи, подані автором нові положення, система доказів, правила, формули.

Пошук літератури зазвичай розпочинається з вивчення таких форм сигнальної інформації, як реферат, анотація, тезис, резюме.

Реферат (від лат. *refere* — повідомляти, доповідати) — це короткий (стислий) виклад змісту наукової роботи або її частини.

Необхідність у реферуванні виникає кожного разу, коли потрібно переказати зміст наукового документа або його частини. Важливо, щоб читач отримав можливість сам оцінити, чи доцільно йому звертатись до першоджерела. Разом із тим, реферат має давати ясну відповідь про новизну запропонованого наукового чи технічного рішення.

Техніка реферування близька до логіки наукового дослідження і передбачає відображення погляду автора роботи, що реферується. Реферат, як правило, передбачає висвітлення таких позицій:

- проблема або тема дослідження;
- сфера дослідження;
- мета і завдання дослідження;
- метод дослідження;
- вид дослідження — фундаментальне, пошукове, прикладне;
- отримані результати та їх значення для науки і практики.

Згідно з вимогами до реферату як стислого викладу суті наукової роботи мова вторинного документа має бути досить лаконічною, мати велику інформативну насиченість.

Анотація (від лат. *annotatio* — зауваження) — це коротка характеристика книги, статті або рукопису, в якій викладається зміст першоджерела, перелік ключових питань і дається його оцінка. В анотації, як і в рефераті, викладаються основні положення оригіналу, що вказують на значення та наукову новизну роботи, на основі якої підготовлена анотація.

Теза — основна думка або ключове положення доповіді, лекції, статті чи іншого авторського первинного документа. Теза може бути короткою або розгорнутою. Вона відрізняється від повного тексту оригіналу тим, що в ній відсутні деталі, пояснення, ілюстрації.

Резюме (фр. *resume* від *resumer* - викладати коротко) — це анотація з елементами попереднього рецензування. Резюме, як і анотація, має акцентувати увагу на вузлових моментах роботи, що розглядається, а також відображати її композицію. Оскільки резюме носить оціночний характер, воно може бути позитивним і негативним.

Рецензія (від лат. *resensio* — розгляд, обслідування) — це вид наукової, літературної і художньої критики, науково-критична стаття, що дає оцінку досліджуваному твору.

Розгорнута рецензія, яка розглядає низку наукових робіт, що мають спільну проблематику, гіпотезу, хронологію тощо, має назву *критичний огляд*. Якість і точність — це основні вимоги до рецензії. Рецензент, аналізуючи позитивні сторони і недоліки наукової роботи, повинен грамотно й аргументовано висловлювати свою позицію.

Як правило, рецензія відображає:

- актуальність теми;
- повноту розкриття поставлених питань, глибину їх опрацювання,

наявність елементів наукового дослідження;

- новизну й оригінальність рішень, їх обґрунтованість;
- використання передового практичного досвіду;
- практичне значення розробок і можливість їх використання;
- ступінь оволодіння методами наукового дослідження та спрацьованість зроблених пропозицій;
- повноту використання спеціальної літератури, нормативних і довідкових матеріалів, фактичних даних;
- уміння аналізувати й узагальнювати фактичний матеріал та робити висновки;
- характеристику окремих елементів новизни та ключових тез роботи, що заслуговують на особливу увагу;
- зауваження, виявлені недоліки та упущення;
- загальний висновок.

Викладені вище загальні принципи побудови сигнальної інформації потребують уточнення або деталізації у кожному конкретному випадку названих документів. Наприклад, спеціальні вимоги до реферату (автореферату) та рецензій (відзивів) щодо робіт, які подаються на здобуття наукового ступеня.

Контрольні запитання і завдання

1. *Що розуміють під інформаційним забезпеченням науково-дослідного процесу?*
2. *Класифікація інформації.*
3. *Основні принципи формування інформаційного забезпечення*
4. *Охарактеризуйте основні види аналітико-синтетичного опрацювання документів.*

2.5 Пошук, накопичення та обробка наукової інформації.

2.5.1 Принципи збору інформаційного матеріалу

Першим етапом виконання будь-якого дослідження є збір матеріалів — цифрових, фактичних, літературних, — що в сукупності складають інформаційну базу дослідження. Повнота і якість зібраного матеріалу справляє вирішальний вплив на результати дослідження.

Під час збору матеріалів для наукового дослідження слід керуватись такими принципами:

1. матеріали повинні збиратися цілеспрямовано, залежно від мети і завдань наукового дослідження;
2. склад і структура цих матеріалів має відповідати структурі дослідження. Отже, у процесі збору інформації її слід групувати за розділами відповідно до плану роботи. Деякі матеріали можуть мати не одиничне, а множинне значення, тобто виявитись необхідними для підготовки різних розділів роботи. У такому випадку згадані матеріали поміщають у перший з названих розділів, а в інших роблять помітки про їх місце розташування;
3. процес збору матеріалів складається з двох стадій: спочатку матеріал накопичується без оцінки його значення, а потім проводиться фільтрація або вибір істотних, необхідних елементів, або виключення зайвих чи дублюючих.

Для будь-якої науково-дослідницької роботи дуже важливими є літературні джерела. У науковій літературі містяться підсумки раніше проведених досліджень, викладаються різні концепції, формулюються теоретичні, методичні або практичні проблеми, накопичуються і трактуються факти. Тому літературу має вивчати кожен дослідник незалежно від галузі знання, в якій він працює.

Вивчення літературних джерел і збір матеріалів має свою логічну послідовність. Перший крок у цьому напрямку полягає у загальному

перегляді тих джерел, які дають найбільш загальне уявлення про проблему. Необхідно звернутись до енциклопедій, довідників, словників і т. п. Але при цьому слід враховувати, що у подібній літературі містяться лише загальні відомості про проблему та назви джерел, з яких вони отримані. Отже, дослідник отримує інформацію про джерела, з яких можна почерпнути більш детальні відомості про предмет та об'єкт дослідження, основні теоретичні та методичні засади його вивчення.

Наступний крок — робота з бібліографічними матеріалами, серед яких найважливіше значення мають реферативні збірники та бібліографічні покажчики. Найновішу інформацію зазвичай отримують з періодичних видань. Економію часу при цільовому пошуку дає використання останніх номерів журналів за кожен рік, оскільки в них публікуються згруповані за розділами списки статей із реквізитами авторів, назв робіт, місця публікації.

Важливо пам'ятати, що бібліографія потребує постійного оновлення, доповнення і розширення. Кожен, хто має наміри займатися науковою роботою, повинен постійно працювати над власною бібліографією за тематикою, яка є предметом його дослідження. Для цього потрібно чітко дотримуватись правил складання бібліографії: вказати автора (прізвище та ініціали), назву роботи, місце видання і видавництво, рік публікації, кількість сторінок. Якщо мова йде про журнальні статті, то вказуються: прізвище та ініціали автора, назва статті, назва журналу, рік його видання, номер журналу та сторінки, де саме і розміщено матеріал.

Коли бібліографію складено і відповідно до неї підібрано літературу, перед дослідником постає питання про те, як правильно працювати з цією літературою. Суцільне читання не завжди приносить користь, може відволікати дослідника від його головної мети. Тому потрібен попередній перегляд літератури, вивчення його структури, визначення важливих для ознайомлення розділів. Відкладається вбік застаріла література або

літературні джерела, які дублюються. Відбирається той мінімум, який необхідний для розкриття теми, її основних проблем. Отже, бібліографію можна структурувати на декілька груп за ознакою важливості та з урахуванням наявного часу на її вивчення.

Однією з найбільш поширених помилок молодих дослідників є намагання зібрати максимальний обсяг інформації без врахування власних можливостей та резервів часу, відведеного для роботи. У такому випадку збір матеріалів перетворюється на самоціль, а сама наукова робота, по суті, відкладається на невизначений термін.

Сказане свідчить, що для дослідницької роботи необхідно визначити оптимальну кількість матеріалу, який слід якісно опрацювати, оформити. Такий підхід має для дослідження найбільшу цінність.

2.5.2 Підсистема інформації про об'єкт дослідження

Відповідальним етапом наукового дослідження є отримання й аналіз первинної та вторинної інформації з теми дослідження.

Первинна інформація — це вихідна інформація, яка є результатом безпосередніх експериментальних досліджень, вивчення практичного досвіду.

Вторинна інформація — це результат аналітико-синтетичної переробки первинної інформації.

Особливе значення первинна і вторинна інформація має для написання наукової роботи, магістерської дисертації, оскільки служить теоретичним та експериментальним підґрунтям для досягнення мети дослідження і розв'язання його завдань. Вона є доказом **обґрунтованості** наукових положень дисертації, їх **достовірності й новизни**.

Достовірність — це достатня правильність, те, що не викликає сумнівів, доказ того, що названий результат (закон, закономірність, сукупність фактів та ін.) є істинним, правдивим. Достовірність — це

повторюваність результату за одних і тих же умов при багатьох перевірках на багатьох об'єктах.

Достовірність результатів і висновків дисертації обґрунтовується експериментом, логічним доказом, аналізом літературних та архівних джерел, перевіркою на практиці. Розрізняють три групи методів доказу достовірності: **аналітичні, експериментальні, підтвердження практикою.**

Аналітичні методи належать до найважливіших методів наукового пізнання, їх суть — доказ результату (закону, закономірності, формули, поняття) через логічні, математичні перетворення, аналіз статистичних даних, опублікованих і неопублікованих документів. Суть **експериментальних** методів перевірки достовірності полягає в проведенні наукових дослідів і порівнянні теоретичних та експериментальних результатів. При зіставленні наукового результату з **практикою** необхідний збіг виведених у теорії положень з явищами, що спостерігаються в практичних ситуаціях.

Опис процесу дослідження — основна частина наукової роботи, в якій подається огляд основних джерел з теми дослідження, висвітлюються методика і техніка дослідження з використанням логічних законів і правил. Важливим є вибір методів дослідження, які є інструментом у добуванні фактичного матеріалу або первинної наукової інформації і виступають необхідною умовою досягнення поставленої в науковій роботі, магістерській дисертації мети.

Підсистема інформації про об'єкт (предмет) дослідження — це систематична діяльність з отримання інформації, необхідної для вирішення його мети і завдань. До неї входить відбір джерел з теми дослідження, їх аналіз, вибір методів, збір даних, їх обробка та аналіз для отримання інформації (первинної і вторинної) для вирішення конкретної проблеми. Детальніше цей процес можна подати у вигляді схеми (рисунок 2.3.)

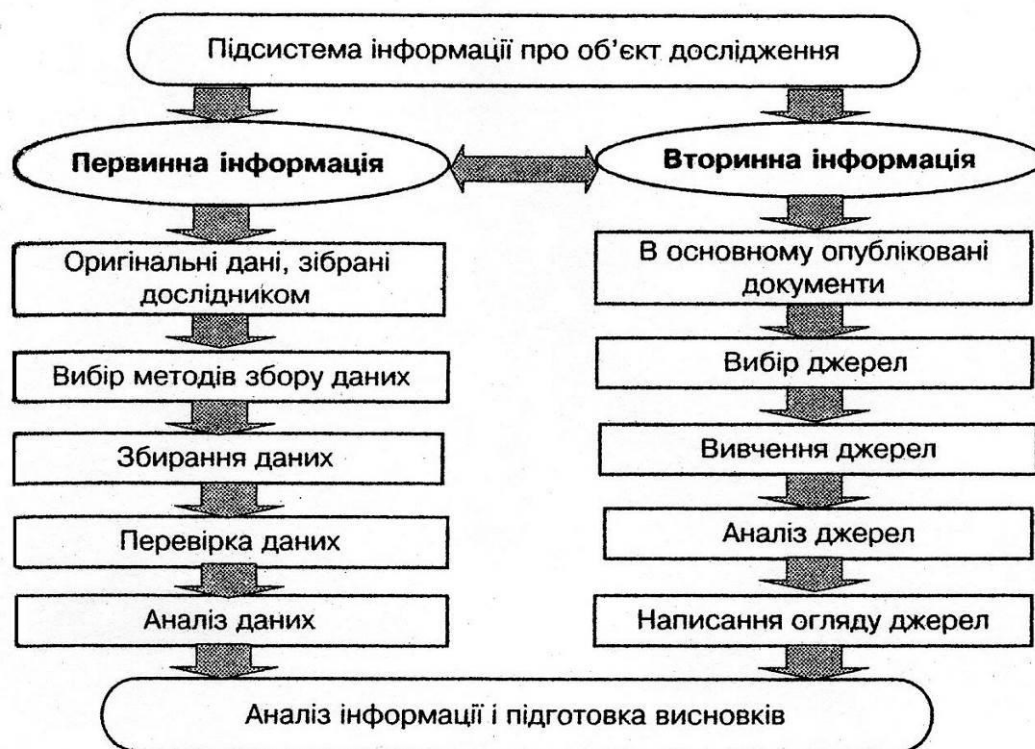


Рисунок 2.3 – Загальна схема процесу збору та аналізу наукової інформації.

Для отримання потрібної інформації з певної теми необхідна реалізація таких етапів (часткових дій).

1. Розробка концепції дослідження.
 - 1.1. Визначення мети і завдань дослідження.
 - 1.2. Постановка проблеми.
 - 1.3. Формування робочої гіпотези.
 - 1.4. Визначення системи показників.
2. Отримання та аналіз вторинної інформації.
3. Отримання та аналіз емпіричних даних.
 - 3.1. Розробка інструментарію для дослідження.
 - 3.2. Процес отримання даних.
 - 3.3. Обробка та аналіз даних.
4. Формування основних висновків і оформлення результатів дослідження.
 - 4.1. Підготовка висновків і рекомендацій.

4.2. Оформлення результатів дослідження.

Процес накопичення та обробки наукової інформації включає такі складові:

- **визначення проблеми** — формування об'єкта (предмета) дослідження. Слід провести попередню проробку, тобто чітко визначити тему, використовуючи неформальний аналіз. Потім — підсумкове дослідження, тобто структурований збір даних та аналіз для вирішення конкретного завдання;
- **аналіз вторинної інформації** (тобто опублікованої інформації з теми дослідження);
- **отримання первинної інформації** (тобто тільки отриманих даних для вирішення конкретного завдання чи питання);
- **висновки і рекомендації** (тобто висновки, отримані на основі аналізу літературних джерел і зібраних даних);
- **використання результатів** (можливість використання результатів як нині, так і в перспективі).

Таким чином, підсистема інформації включає планомірне збирання, обробку, аналіз та узагальнення як первинної, так і вторинної наукової інформації з теми дослідження. Кожна зі складових збору та обробки інформації з теми має свої особливості. Тому зупинимось на них детальніше.

2.5.3 Пошук вторинної документної інформації з теми

Знання опублікованих (вторинних) джерел інформації з теми дослідження — неодмінна умова забезпечення якості наукового дослідження. Воно дає змогу глибше осмислити науковий матеріал, що міститься в опублікованих працях інших учених, оскільки основні питання проблеми майже завжди викладено в більш ранніх дослідженнях.

Пошук, обробка та аналіз опублікованих джерел дають змогу виявити рівень дослідженості конкретної теми, підготувати огляд літератури з теми, створити список використаних джерел (приблизно 200-250 назв).

Для складання списку джерел з вибраної теми доцільно використовувати наявні в бібліотеках **систематичні каталоги**, в яких назви творів розташовані за галузями знань; алфавітні **каталоги**, в яких картки на книжки розташовані в алфавітному порядку прізвищ авторів чи назв; **предметні каталоги**, що містять назви творів із конкретних проблем і питань; різноманітні **бібліографічні й довідкові** видання (посібники і покажчики з окремих тем і розділів), **виноски і посилання** в монографіях, підручниках, енциклопедіях, енциклопедичних словниках та ін. Слід виявити основні періодичні видання з вибраної проблематики. Відбираючи основні матеріали, слід звернутися до покажчиків статей, опублікованих протягом календарного року і розміщених у кінці останнього номера журналу за кожний рік видання.

Далі слід створити **картотеку** (або список) літературних джерел з теми. Добре складена картотека (список) навіть при побіжному перегляді назв джерел допомагає охопити тему в цілому. На її основі можна вже на самому початку дослідження уточнити структуру дисертації.

Перегляду повинні підлягати всі види джерел, зміст яких пов'язаний із темою наукового чи дисертаційного дослідження. До них належать матеріали, опубліковані в різноманітних вітчизняних і зарубіжних виданнях; неопубліковані документи (звіти про науково-дослідницькі і дослідно-конструкторські роботи, дисертації, депоновані рукописи, звіти фахівців про міжнародні відрядження, матеріали закордонних фірм та ін.), офіційні документи.

Визначення стану вивченості теми доцільно розпочинати зі знайомства з **інформаційними виданнями**, які містять оперативні систематизовані відомості про документи (опубліковані, неопубліковані),

найсуттєвіші сторони їх змісту. Інформаційні видання на відміну від звичайних бібліографічних посібників включають не лише відомості про надруковані праці, а й ідеї та факти, що в них містяться. Крім оперативності, їх характеризують новизна поданої інформації, повнота охоплення джерел і наявність довідкового апарату, що полегшує пошук і систематизацію літератури.

Інформаційні видання випускають інститути, служби науково-технічної інформації (НТІ), центри інформації, бібліотеки. Вони охоплюють усі галузі народного господарства.

До основних інститутів і організацій України, які здійснюють централізований збір і обробку основних видів опублікованих документів, належать: Книжкова палата України, Український інститут науково-технічної та економічної інформації (УкрІНТЕІ), Національна бібліотека України ім. В.І.Вернадського та інші бібліотечно-інформаційні установи загальнодержавного або регіонального рівня.

Основна маса посібників названих вище інститутів і організацій поділяється на три види: бібліографічні, реферативні та оглядові.

Бібліографічні видання містять упорядковану сукупність бібліографічних записів, показують, що видано з питання, яке цікавить спеціалістів. Бібліографічні описи виконують дві функції. Вони сповіщають про появу документа (сигнальна функція і повідомляють необхідні відомості про його місце знаходження (адресна функція). З бібліографічних записів складають покажчики і бібліографічні списки.

Бібліографічні покажчики найчастіше є **сигнальними** і складаються з переліку бібліографічних записів, часто без анотацій і рефератів. Ці видання з максимальною повнотою інформують про вихід у світ вітчизняної і зарубіжної літератури, їх характеризує оперативність підготовки за порівняно короткий термін від часу виходу публікації до відображення її в покажчику.

Допомогу в пошуку літературних джерел надають **реферативні видання**, які містять публікації рефератів, що включають скорочений виклад змісту первинних документів (або їх частин) з основними фактичними даними і висновками. До реферативних видань належать реферативні журнали, реферативні збірники, експрес-інформації, інформаційні листівки та ін. Як правило, ці видання найповніше відображають усі документи з конкретної галузі, причому як опубліковані, так і неопубліковані.

Поряд із інформаційними виданнями органів НТІ для Інформаційного пошуку слід використовувати **автоматизовані інформаційно-пошукові системи, бази і банки даних, Internet**. Дані пошуку можуть бути використані безпосередньо, однак частіше вони служать сходиною (ключем) до виявлення первинних джерел інформації, якими є наукові праці (монографії, збірники) та інші необхідні для наукової роботи видання.

Особливе значення для пошуку та аналізу літератури, що видана в минулі роки, має **ретроспективна бібліографія**, призначенням якої є підготовка і розповсюдження бібліографічної інформації про твори друку за певний період часу в минулому. Ретроспективна бібліографія представлена широким колом посібників. Серед них — тематичні покажчики та огляди, внутрікнижкові і пристаттеві списки літератури, каталоги, прайс-листи видавництва, персональна і краєзнавча бібліографія та ін. Тематичні покажчики і огляди — основна частина ретроспективних видань.

Широке використання бібліографічних покажчиків, баз і банків даних, а також Internet забезпечить повноту відбору опублікованих і неопублікованих джерел з досліджуваної теми.

2.5.4 Аналіз наукової літератури з теми

Наукові дослідження базуються на досягненнях науки. Невипадково кожна стаття, брошура, книга включає в себе **посилання** на попередні дослідження. Доповідь, реферат, дисертація також мають містити огляд літератури за темою.

У дослідженні аналіз наукової літератури виконує такі **функції**:

- 1) виявляє здобутки науки, її досягнення і недоліки, помилки і прогалини;
- 2) сприяє визначенню основних тенденцій у поглядах фахівців на проблему з огляду на те, що вже зроблено в науці;
- 3) дає змогу визначити актуальність, рівень розробленості проблеми, яку вивчає дослідник;
- 4) дає матеріал для вибору аспектів і напрямів дослідження, його мети і завдань, а також теоретичних побудов;
- 5) забезпечує достовірність висновків і результатів пошуків здобувача, зв'язок його концепції із загальним розвитком теорії.

При попередньому вивченні літератури дослідник знайомиться зі станом науки в цілому і розробки конкретного питання зокрема, виписує ідеї, які можуть стати базовими, узагальнюючими щодо даної проблеми (що спільного, чим відрізняються підходи вчених), дає точне визначення понять. Вважається, що вивчення літератури з вибраної теми слід починати із загальних робіт, щоб мати уявлення щодо основних питань, близьких до теми дослідження, а потім вести пошук нової літератури. Причому на першому етапі накопичення інформації слід охопити якомога більше джерел, а потім поступово "відсіювати" зайві видання. Однак продуктивнішою є методика, за якою від самого початку роботи над науковою роботою свідомо обмежується коло джерел, а вивчення починається, саме з тих, що мають безпосереднє відношення до теми дослідження. Досвід показує, що вивчення надмірного кола джерел

призводить до надлишку інформації, на довгий час гальмує вирішення конкретної наукової проблеми (завдання) наукового дослідження.

Прискорити відбір і вивчення літературних джерел може чітка орієнтація дослідника на основні розділи і підрозділи наукової роботи, в котрих будуть вирішуватися конкретні завдання дослідження у межах головної мети.

Методика читання наукової літератури суттєво відрізняється від читання художньої літератури. Розрізняють два види читання: "швидке" і "повільне". Перше дає змогу дослідникові відповісти на запитання, чи варто дану книгу або статтю уважно читати. Друге передбачає поглиблене вивчення джерел, переходячи від простого матеріалу до складного, від книг до статей, від вітчизняних джерел до зарубіжних.

Кожну статтю чи монографію слід читати з олівцем у руках, робити нотатки. Якщо є власний примірник або ксерокопії журналу, книги, статті, то можна робити позначки на полях. Це суттєво полегшить подальший аналіз літератури.

Загальновизнаним є поетапне вивчення наукових публікацій:

- загальне знайомство з працями в цілому за їх змістом (переліком розділів і підрозділів);
- побіжний перегляд усього змісту;
- читання за послідовністю розміщення матеріалу;
- вибіркове читання певної частини твору;
- виписування тієї частини матеріалу, що зацікавила;
- критичне оцінювання записаного, його редагування і "чистовий" запис як фрагмента тексту майбутньої дисертації (статті, монографії).

Є ще один спосіб вивчення. Сторінку зошита ділять навпіл вертикальною рисою. З лівої сторони роблять виписки з прочитаного, а з правої — свої зауваження, виділяючи підкресленнями слова чи речення,

що мають особливо важливе значення. Слід указувати не лише бібліографічний опис джерел, а й шифри предметних рубрик, які відповідають певним розділам і підрозділам наукової роботи.

Зазначений метод легко реалізувати на персональному комп'ютері. Для цього є спеціальні програми. Текст сканується й переводиться у звичайний текстовий формат (наприклад, за допомогою програми FineReader). Після цього його можна легко обробляти, редагувати, сортувати. Матеріал можна вивести на принтер.

Вивчення літератури здійснюється не для запозичення матеріалу, а для обдумування знайденої інформації і вироблення власної концепції. Працюючи над чужими текстами, слід фіксувати власні думки, ідеї, що виникли під час знайомства з працями вітчизняних і закордонних авторів. Це послужить основою для здобуття нового знання.

При вивченні літератури з обраної теми використовується не вся інформація, що в ній міститься, а лише та, що має **безпосереднє відношення до теми дослідження**. Отже, критерієм оцінювання прочитаного є можливість його використання в науковій роботі.

Вивчаючи літературні джерела, необхідно старанно стежити за оформленням нотаток, щоб у подальшому ними було легко користуватися. Слід давати повний бібліографічний опис джерел, зазначаючи як загальний обсяг публікації, так і конкретну сторінку, на якій міститься цінний матеріал.

Особлива увага приділяється термінології дослідження. Щоб *понятійний апарат* був науково обґрунтованим, треба проаналізувати визначення понять різними вченими і порівняти з тими, що сформульовані в державних стандартах, енциклопедіях, енциклопедичних словниках, як загальних, так і галузевих. Це важливо зробити тому, що в кожній науці своя наукова мова. Терміни і поняття в побутовій мові часто не відповідають їх науковому тлумаченню. Інколи дослідник-початківець

намагається писати статтю або наукову роботу без відповідної теоретичної підготовки, що викликає непорозуміння й обурення фахівців.

Аналізуючи літературу, слід відбирати лише наукові факти. **Науковий факт** — це елемент, який лежить в основі наукового знання, відбиває об'єктивні властивості процесів та явищ. На основі наукових фактів визначаються закономірності явищ, вибудовуються теорії і виводяться закони.

Наукові факти характеризуються такими властивостями, як **новизна, точність та об'єктивність і достовірність**. Новизна наукового факту свідчить про принципово новий, до цього часу невідомий предмет, явище чи процес. Це не обов'язково наукове відкриття, але це завжди нове знання про те, що до цього часу було невідомим. Знання нових фактів розширює уявлення про реальну дійсність, збагачує можливості для її зміни, вдосконалення тощо.

При відборі фактів слід бути науково об'єктивним. Не можна відкидати факти лише тому, що їх важко пояснити або практично застосувати. Особливо важливі ті з них, які підтверджують основну ідею, концепцію дослідника. Слід уважно вивчати наукові факти і для того, щоб вчасно внести корективи у свою дослідницьку позицію.

Достовірність наукових фактів значною мірою залежить від достовірності першоджерел.

Очевидно, що офіційне видання, яке публікується від державних або громадських організацій, установ і відомств, містить матеріали, точність яких не повинна викликати сумнівів.

Рівень достовірності наукових публікацій залежить від багатьох чинників, зокрема від цільового призначення та характеру інформації. Якщо зіставити між собою різні види публікацій, то за зменшенням рівня достовірності їх можна розмістити в такій послідовності: описи винаходів і патенти, наукові монографії, наукові збірники статей, наукові збірники

матеріалів конференцій; науково-технічні статті, гуманітарні статті, інформаційні статті та ін.

Теоретичні статті в галузі технічних та інших точних наук позначаються особливою точністю доказів і застосуванням сучасних математичних методів моделювання із залученням даних експериментальних досліджень. У такій статті відомості достатньо обґрунтовані. Результати розрахунків та експериментів, їх оціночні дані, методики, умови розв'язання задачі, а також інша інформація — все це має достовірний характер.

Про достовірність вихідної інформації можуть свідчити дані про те, які результати наведено в публікації — завершеного чи незавершеного дослідження, а також науковий, професійний авторитет автора, його належність до тієї чи шитої наукової школи. Слід відбирати найавторитетніші джерела, що містять останні дані, точно вказувати, звідки взято матеріал. Однак при відборі матеріалів із літературних джерел слід підходити до них критично, незважаючи на рівень авторитетності автора.

Особливою формою фактичного, матеріалу є *цитати*, що органічно вписуються в текст наукової роботи чи магістерської дисертації при аналізі позиції автора. Їх використовують для того, щоб без перекручень передати думку автора першоджерела, для ідентифікації поглядів при порівнянні різних точок зору та ін. Виходячи з їх змісту, автор дослідження здійснює аналіз і синтез, будує систему обґрунтованих доказів. Цитати використовуються і для підтвердження окремих суджень, які висловлює дослідник. При цитуванні джерел слід дотримуватися таких правил:

- цитати мають бути точними;
- не можна перекручувати основний зміст поглядів автора;
- використання цитат має бути оптимальним, тобто визначатися потребами розробки теми дисертації;

- необхідно точно зазначати джерело цитування;
- цитати мають органічно "вписуватися" в контекст дисертації.

Поряд із прямим цитуванням часто використовують переказ тексту першоджерела. У такому разі текст переказу старанно звіряють з першоджерелом.

Одним із основних результатів аналізу є *огляд літератури*, з теми дослідження.

Неетично наводити конкретні докази правильності тих чи інших поглядів основоположників наукової думки, класиків конкретної галузі науки, оскільки істинність їх наукових ідей уже доведена всією історією науки. У дослідженні можуть бути використані висловлювання тих чи інших засновників наукової школи як вихідні положення. Можна зазначити, у зв'язку з чим у наші дні ті чи інші положення, думки класиків науки стали особливо актуальними або набули іншого, більш важливого значення. Якщо здобувач не згоден з позиціями попередників, то треба не тільки критикувати, а й давати обґрунтовані докази неправильності підходів.

Аналіз наукової літератури потребує певної культури дослідника. Насамперед усі прізвища авторів, які дотримуються єдиних поглядів з того чи іншого питання, вказуються в алфавітному порядку. Адже важко визначити, котрий із учених зробив більший внесок у розробку того чи іншого питання. Алфавітний порядок підкреслює однакове ставлення дослідника до наукових концепцій учених, хоча дослідник може звернути увагу на те, що дане питання вперше порушив такий-то вчений, що найбільший внесок у даний аспект науки зробив саме цей дослідник і т. ін.

Найскладнішою є процедура *систематизації* наукової літератури при її огляді й аналізі. Інколи навіть у дисертації, монографії можна спостерегти примітивний вид аналізу літератури: коротко повідомляється, що в такій-то праці такий-то вчений виклав таку-то позицію, а другий —

іншу. Хронологічний перелік того, хто і що сказав з того чи іншого приводу, не можна вважати за науковий аналіз літератури. Недоцільне також анування праць за темою без викладу власної позиції дослідника.

Щоб уникнути цих помилок, слід уважно прочитати літературу і систематизувати погляди вчених у такому порядку:

- сутність даного явища чи процесу (позиція декількох авторів збігається в такому-то аспекті);
- що становить зміст даного процесу чи явища (його компоненти, ланцюги, стадії, етапи розвитку);
- погляди вчених з приводу шляхів вирішення даної проблеми на практиці (хто і який напрям розробив);
- які труднощі, виявлені в попередніх дослідженнях, трапляються при практичному вирішенні завдання;
- які чинники, умови ефективного розвитку процесу чи явища в даній галузі виділені вченими.

На основі аналізу літератури укладається *огляд літератури за темою*, уточнюються тема, об'єкт і предмет дослідження.

Короткий критичний аналіз літератури та порівняння з відомими розв'язаннями проблеми (наукового завдання) наводяться у вступі до роботи, щоб обґрунтувати актуальність та доцільність роботи для розвитку відповідної галузі науки чи виробництва, особливо на користь України. Огляд літератури за темою подають також у першому розділі основної частини наукової роботи при виборі напрямів дослідження. Якщо за даною проблемою було проведено багато важливих досліджень за тривалий час, науковий аналіз джерел має бути особливо глибоким і повним. Крім того, огляд літератури здійснюють для того, щоб не повторювати відомих позицій

Огляд літератури за темою на завершальному етапі дослідження покликаний не лише пов'язати проведене дослідження із загальним станом

науки, а й порівняти отримані результати з даними інших дослідників, точку зору дослідника з поглядами інших учених, визначити загальні тенденції в науці, підтвердити актуальність теми і достовірність фактології теорії дослідника. Після завершення дослідження аналіз літератури, як правило, поглиблюється, оскільки стає можливим більш обґрунтовано пояснити помилковість поглядів тих чи інших учених. Огляд джерел дає змогу визначити новий науковий напрям, який потребує дослідження.

Основні завдання огляду літератури:

- ознайомлення з матеріалами за темою наукової роботи, їх класифікація, відбір найцінніших досліджень, основних, фундаментальних робіт, базових результатів. При цьому слід вивчати літературу не лише з вузької теми, а й з більш широких тем, близьких до теми дослідження. Це дасть змогу дати загальну характеристику галузі дослідження, його значення для розвитку науки і практики, актуальність теми;
- виявлення основного кола науковців, які досліджували тему, вивчення їх внеску в розробку проблеми;
- виявлення найцікавіших, але недостатньо висвітлених напрямів досліджень, які могли б стати темою наукової роботи.
- Слід виявити і проаналізувати різні точки зору на вирішення проблеми, дати оцінку, пропозиції, зауваження;
- наведення переліку невирішених питань;
- формулювання основних напрямів наукової роботи: їх актуальності і кінцевої мети, завдань, аспекту розгляду.

Слід зважати на такі основні критерії правильності написання огляду:

- огляд пишеться не за авторами, а згідно із завданнями дослідження;
- огляд повинен виявити професійну компетентність здобувача, його особистий внесок у розробку теми порівняно уже відомими дослідженнями;
- огляд написано правильно, якщо його можна опублікувати як

самостійну статтю.

2.5.5 Отримання та аналіз первинної інформації

Для підтвердження достовірності висновків і дослідження, перевірки робочої гіпотези, конкретизації проблеми важливе значення має **первинна інформація**, яка є складовою підсистеми інформації.

Робоча гіпотеза дослідження — це своєрідний алгоритм вирішення досліджуваної теми; вона допомагає встановити межі і основні напрями дослідження. Робоча гіпотеза має забезпечити достовірність, передбачуваність, перевірку положень на емпіричному матеріалі.

Робочий інструментарій, який використовується в наукових дослідженнях, являє собою сукупність методів і засобів збору, обробки та аналізу інформації для перевірки робочої гіпотези дослідження. Він включає набір методів і процедур збору первинних даних, засобів обробки отриманих даних і методів аналізу та узагальнення матеріалів перевірки робочих гіпотез.

Первинна і вторинна інформація, зібрана в результаті приведеного дослідження, обробляється за допомогою сучасних статистичних методик і моделей. Основні результати досліджень — висновки і рекомендації — мають бути аргументованими і достовірними.

Збір, аналіз та узагальнення первинної і вторинної інформації з теми дослідження забезпечують наукову обґрунтованість теоретичних або експериментальних результатів, отриманих особисто дослідником і висунутих ним для прилюдного захисту.

2.6 Веб-інструменти для доступу до фахової інформації

Завдяки інформаційним технологіям, нині доступні потужні інструменти доступу до фахової інформації. Наведемо декілька з них.

Google Академія <https://scholar.google.com>. Пошукова система наукової електронної літератури від Google. Максимально проста та зручна у використанні. У результатах пошуку видає посилання на різні журнали/статті/дисертації/реферати та багато іншого, що може стати джерелом інформації.

Scopus <https://www.scopus.com>. Величезна база даних, що індексує понад 22 тисячі різних журналів. Є видання російською мовою. У вільному доступі лише каталог авторів.

Web of Science <https://mjl.clarivate.com/home>. База даних рефератів і цитат – а також індекс цитувань – рецензованої наукової літератури.

CAS Source Index (CASSI) Search Tool <https://cassi.cas.org/search.jsp>. Являє собою ресурс з пошуку інформації про журнали, що індексуються CAS (Chemical Abstracts Service), починаючи з 1907 року (аббревіатура та повна назва, ISSN та ін.).

ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com>. Є найбільшим у світі ресурсом інформації про науку, технологію та медицину. Частина журналів є у вільному доступі.

Ingenta <https://www.ingentaconnect.com>. Включає опис англomовних наукових статей. Поповнюється з 1988 року і має у своїй базі понад 13 мільйонів записів.

CiteSeer Publications ResearchIndex <https://citeseer.ist.psu.edu>. Індексує статті у форматі PDF. Багато статей можна безкоштовно скачати. Також здатна видавати інформацію про публікацію (автор, дата публікації, анотації, DOI)

Knovel <https://app.knovel.com/kn>. Електронні книги та довідники з техніки (зокрема, з хімії). Також містить інструмент пошуку речовин і властивостей та інтерактивні інструменти для аналізу таблиць і діаграм.

Reaxys <https://www.reaxys.com>. Інструмент для пошуку хімічної інформації: хімічні сполуки, хімічні реакції та відповідні цитати з літератури. Об'єднані дані з трьох джерел: Beilstein Database, The Gmelin Database, The Patent Chemistry Database.

Запитання і завдання для самоконтролю

- 1. Охарактеризуйте зв'язок дослідницької та інформаційної діяльності.*
- 2. Як визначається якість інформації?*
- 3. Які види інформації ви знаєте?*
- 4. Назвіть джерела наукових досліджень.*
- 5. Розкрийте сутність наукового документа та форми існування науки.*
- 6. Які є види первинних наукових документів, що не публікуються?*
- 7. Назвіть наукові документи, які належать до складу вторинних.*
- 8. Охарактеризуйте релевантну, бібліографічну та нову (основну) інформацію, що міститься у документі.*
- 9. Web-інструменти для пошуку фахової інформації*

3 ДОСЛІДНА СТАДІЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Методологія та методи наукового дослідження

Для дослідників-початківців дуже важливо мати уявлення про методологію та методи наукової творчості, оскільки саме 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 технологій. 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 розкриті, 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.

3.1.1 Методологія дослідження

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 дисертації або іншої наукової праці, однак від її чіткого визначення значною мірою залежить досягнення мети і завдань наукового дослідження. Крім того, в розділах основної частини дисертації 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 — вчення про систему наукових принципів, форм і способів дослідницької діяльності — має чотирирівневу структуру. Нині розрізняють **фундаментальні, загальнонаукові** принципи, що становлять власне методологію, **конкретнонаукові** 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.

3.1.2 Фундаментальна, або філософська, методологія

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

Розвиток методології — одна зі сторін розвитку пізнання в цілому. Спочатку методологія ґрунтувалася на знаннях, які диктувала геометрія як наука, де містилися нормативні вказівки для вивчення реального світу. Потім методологія виступала як комплекс правил для вивчення всесвіту і перейшла у сферу філософії. Платон і Аристотель розглядали методологію як логічну універсальну систему, засіб істинного пізнання.

Тривалий час проблеми методології не посідали належного місця в науці через механістичність або релігійність тих чи інших поглядів на світ. Зразком пізнання були принципи механіки, розроблені Г.Галілеєм і Ф.Декартом. Емпіризм протягом багатьох століть виступав вихідною позицією при розгляді всіх проблем.

Ідеалісти І.Кант і Г.В.Ф.Гегель дали новий поштовх розвитку методології, спробували розглянути закономірності в самому мисленні: сходження від конкретного до абстрактного, суперечності розвитку буття і мислення та ін.

Усі досягнення минулого були опрацьовані у вигляді *діалектичного методу* пізнання реальної дійсності, в основу якого було покладено зв'язок теорії і практики, принципи пізнанності 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 непротиворіччя в методології.

Філософська методологія виконує два типи функцій. По-перше, вона виявляє смисл наукової діяльності та її взаємозв'язки з іншими сферами діяльності, тобто розглядає науку стосовно практики, суспільства, культури людини. Це — філософська проблематика. Методологія не є особливим розділом філософії: методологічні функції щодо спеціальних наук виконує філософія в цілому. По-друге, методологія вирішує завдання вдосконалення, оптимізації наукової діяльності, виходячи за межі філософії, хоча й спирається на розроблені нею світоглядні й загальнометодологічні орієнтири та постулати.

Отже, фундаментальні принципи базуються на узагальнюючих, філософських положеннях, що відбивають найсуттєвіші властивості об'єктивної дійсності і свідомості з урахуванням досвіду, набутого в процесі пізнавальної діяльності людини. До них належать принципи *діалектики*, що відбивають взаємозумовлений і суперечливий розвиток явищ дійсності, *детермінізму* — об'єктивної причинної зумовленості явищ, *ізоморфізму* — відношень об'єктів, що відбивають тотожність їх побудови та ін. Безумовно, змістова інтерпретація цих принципів варіюється відповідно до специфіки досліджуваного матеріалу

(порівняємо, наприклад, розуміння ізоморфізму в математиці, геохімії і мовознавстві, природничих науках). Від тлумачення філософських принципів залежить обґрунтування методологічного підходу в дослідженні тієї чи іншої галузі.

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.

3.1.3 Загальнонаукова методологія

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 прийнятого 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 підхід дає змогу дослідити виникнення, формування і розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності з метою виявлення внутрішніх та зовнішніх зв'язків, закономірностей та суперечностей.

У межах історичного підходу активно застосовується **порівняльно-історичний метод** — сукупність пізнавальних засобів, процедур, які дозволяють виявити схожість і відмінність між явищами, що вивчаються, визначити їхню генетичну спорідненість (зв'язок за походженням), загальне й специфічне в їхньому розвитку.

У коленому порівняльно-історичному дослідженні ставляться конкретні пізнавальні цілі, які визначають коло джерел та особливості застосування способів зіставлень і порівнянь об'єктів дослідження і встановлення ознак схожості і відмінності між ними. За характером схожості порівняння поділяють на **історико-генетичні** та **історико-типологічні**, де схожість є результатом закономірностей, притаманних самим об'єктам, і порівняння, де схожість є наслідком взаємовпливу явищ. На цій основі виділяють *два види* порівняльно-історичних методів: **порівняльно-типологічний**, що розкриває схожість генетично не пов'язаних об'єктів, і власне **порівняльно-історичний**, що фіксує схожість між явищами як свідчення спільності їхнього походження, а розходження між ними — як показник їхнього різного походження. У соціальному пізнанні широко використовуються цивілізаційний, формаційний та інші підходи до осмислення культурно-історичного процесу.

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*.

Визначення понять слід формулювати, базуючись на тлумачних та професійних словниках. Визначення обсягу і змісту поняття дають через родову ознаку і найближчу видову відмінність. Як правило, спочатку називають родове поняття, до якого поняття, що визначається, входить як складова. Потім указують на ту ознаку поняття, яка відрізняє його від усіх подібних, причому ця ознака має бути найважливішою і найсуттєвішою.

Є певні правила визначення понять. 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 дослідженні великих і складних

об'єктів (систем), дослідженні їх як єдиного цілого з узгодженим функціонуванням усіх елементів і частин.

Згідно з системним підходом, система — це **цілісність**, яка становить єдність закономірно розташованих і взаємопов'язаних частин (рисунок 3.1). Основними ознаками системи є:

- 1) наявність найпростіших одиниць — **елементів**, які її складають;
- 2) наявність **підсистем** — результатів взаємодії елементів;
- 3) наявність **компонентів** — результатів взаємодії підсистем, які можна розглядати у відносній ізольованості, поза зв'язками з іншими процесами та явищами;
- 4) наявність внутрішньої структури зв'язків між цими компонентами, а також їхніми підсистемами;
- 5) наявність певного рівня цілісності, ознакою якої є те, що система завдяки взаємодії компонентів одержує інтегральний результат;

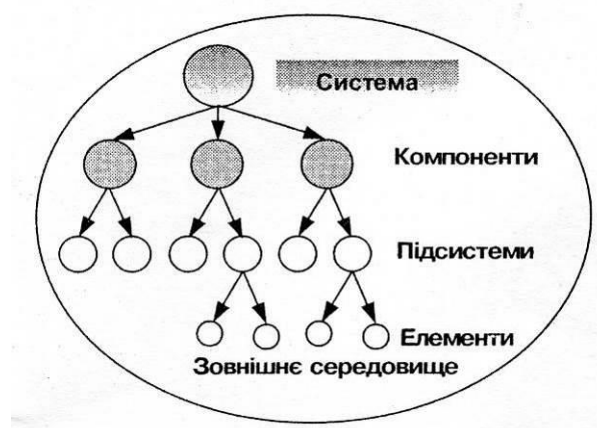


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення системи.

- 6) наявність у структурі системоутворюючих зв'язків, які об'єднують компоненти і підсистеми як частини в єдину систему;
- 7) зв'язок з іншими системами зовнішнього середовища.

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, функціональність, взаємозв'язок із зовнішнім середовищем, ієрархічність, цілеспрямованість, самоорганізацію.**

Згідно з цим сформувалися відповідні методологічні принципи, які забезпечують системну спрямованість наукового дослідження і практичного пізнання об'єкта: **принцип цілісності**, за яким досліджуваний об'єкт виступає як щось розчленоване на окремі частини, органічно інтегровані в єдине ціле; **принцип примату цілого** над складовими частинами, який означає, що функції окремих компонентів і підсистем підпорядковані функції системи в цілому її меті; **принцип ієрархічності**, який постулює підпорядкованість компонентів і підсистем системі в цілому, а також супідрядність систем нижчого рівня системам більш високого рівня, внаслідок чого предметна галузь теорії набуває ознак ієрархічної метасистеми; **принцип структурності**, який означає спосіб закономірного зв'язку між виділеними частинами цілого, що забезпечує єдність системи, зумовлює особливості її внутрішньої будови; **принцип самоорганізації** означає, що динамічна система іманентно здатна самостійно підтримувати, відтворювати або удосконалювати рівень своєї організації при зміні внутрішніх чи зовнішніх умов її існування та функціонування задля підвищення стійкості, збереження цілісності, забезпечення ефективних дій чи розвитку; **принцип взаємозв'язку із зовнішнім середовищем**, за яким жодна із систем не може бути самодостатньою, вона має динамічно змінюватись і вдосконалюватись адекватно до змін зовнішнього середовища.

Виходячи з системного підходу, виділяють декілька **типів систем**. Найчастіше системи характеризують "парними" типами. Виділяють такі типи систем: однофункціональні і багатфункціональні; матеріальні та ідеальні (концептуальні); відкриті і закриті; невеликі і великі; прості й

складні; статичні і динамічні; детерміновані і стохастичні (ймовірнісні); телеологічні (цілеспрямовані) й ненаправлені; регульовані й нерегульовані. Є ще більш детальна класифікація систем, яка дає змогу сукупність їхніх загальних і специфічних ознак з метою наукового дослідження.

З позицій системного підходу можна розглядати будь-яку сферу. Орієнтація на системний підхід у дослідженні і 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 виявленні різноманітності зв'язків і відношень, що мають місце як усередині досліджуваного об'єкта, так і у нього 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 системоутворючими, інтегративними зв'язками досліджуваного об'єкта.

Системний принцип дає змогу визначити стратегію наукового дослідження. В його межах розрізняють структурно-функціональний, системно-діяльнісний, системно-генетичний та інші підходи.

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

Структуризація об'єкта — необхідна умова його вивчення. Вона дозволяє виділити, а потім описати суттєві складові об'єкта — елементи, підсистеми, компоненти, зв'язки, властивості, функції та ін. Опис структури об'єкта полягає в його поділі на складові та встановленні характеру взаємозв'язків між ними. Аналіз структури здійснюється за допомогою **метода класифікації** — багатоступінчатого, послідовного поділу досліджуваної системи з метою систематизації, поглиблення й отримання нових знань щодо її побудови, складу елементів, підсистем, компонентів, особливостей внутрішніх і зовнішніх **зв'язків**.

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

Розрізняють **функціональну залежність** (у математичному розумінні) і **функціональне призначення** (у соціальному розумінні) досліджуваних об'єктів. На основі другого аспекту формується уявлення про **соціальні функції** системи. Функція є конкретизацією призначення системи, доводить доцільність існування об'єкта або процесу в межах цієї системи. Функція — це спосіб практичної реалізації призначення (цілі) системи.

У межах структурно-функціонального підходу досліджують **сутнісно-функціональну, функціонально-генетичну та функціонально-логічну** структуру системи. Перша з них виявляє **субстанційні** елементи, підсистеми та компоненти системи, їх сутнісні зв'язки та основні функції.

Друга — розкриває внутрішні закономірності розвитку і функціонування системи (від простого до складного, від нижчого до вищого, від генетично вихідного до генетичне похідного, включаючи у "знятому" вигляді моменти попереднього при відносній самостійності). Третя — виявляє логічно можливі відношення між функціями системи: відношення переваги, *домінування*, супідрядності (основна і допоміжні функції); відношення функціональної *рівнозначності* або еквівалентності; відношення *сполучення* (поєднання) (комбінована функція) та ін. У результаті структурно-функціонального підходу створюються моделі (описові, математичні, графічні) досліджуваної системи.

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

Діяльнісний підхід — це методологічний принцип, основою якого є категорія предметної діяльності людини (групи людей, соціуму в цілому). Діяльність — форма активності, що характеризує здатність людини чи пов'язаних з нею систем бути причиною змін у бутті. Діяльність людини може розглядатися в загальному значенні цього слова — як динамічна система взаємодії людини із зовнішнім середовищем, а також у вузькому, конкретному — як специфічна професійна, наукова, навчальна тощо форма активності людини, у якій вона досягає свідомо поставлених цілей, що формуються внаслідок виникнення певних потреб.

У процесі діяльності людина виступає як *суб'єкт* діяльності, а її дії спрямовані на зміни *об'єкта* діяльності у процесі діяльності. Будь-яка діяльність здійснюється завдяки множині взаємопов'язаних дій — одиниць діяльності, що не розкладаються на простіші, внаслідок якої досягається

конкретна **мета** діяльності. Мета діяльності зумовлена певною *потребою*, задоволення якої потребує певних дій. Завдання діяльності — це потреба, яка виникає за певних умов і може бути реалізована завдяки визначеній **структурі** діяльності, до якої належать:

- **предмет діяльності** — елементи навколишнього середовища, які має суб'єкт до початку своєї діяльності і які підлягають трансформації в продукт діяльності;
- **засіб діяльності** — об'єкт, що опосередковує вплив суб'єкта на предмет діяльності (те, що звичайно називають "знаряддям праці"), і стимули, що використовуються у певному виді діяльності;
- **процедури діяльності** — технологія (спосіб, метод) одержання бажаного продукту;
- **умови діяльності** — характеристика оточення суб'єкта в процесі діяльності, соціальні умови, просторові та часові чинники тощо.
- **продукт діяльності** — те, що є результатом трансформації предмета в процесі діяльності.

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

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

Відносно новим фундаментальним методом пізнання є синергетичний підхід.

Сутність *синергетичного (синергійного) підходу* полягає в дослідженні процесів *самоорганізації* та становлення нових упорядкованих структур. Він реалізується в дослідженні систем різної природи: фізичних, біологічних, соціальних, когнітивних, інформаційних, екологічних та ін. Предметом синергетики є *механізми* спонтанного формування і збереження складних систем, зокрема тих, які перебувають у

стані стійкої нерівноваги із зовнішнім середовищем. У сферу його вивчення потрапляють *нелінійні* ефекти еволюції систем будь-якого типу, *кризи* і *біфукації* — нестійкої фази існування, які передбачають множинність сценаріїв подальшого розвитку.

З позицій синергетичного підходу неможливо традиційними детерміністськими методами вивчати розвиток складноорганізованих систем. Як відомо, нестійкість системи розглядається як перешкода, що потребує обов'язкового подолання. Жорсткі причинно-наслідкові зв'язки поступального розвитку мають лінійний характер. Сучасне визначається минулим, а майбутнє — сьогочасним. Синергетичний же підхід передбачає ймовірне бачення світу, базується на дослідженні *нелінійних* систем. Образ світу постає як сукупність нелінійних процесів. Ідея нелінійності включає багатоваріантність, альтернативність шляхів еволюції та її незворотність. За допомогою синергетичного підходу вивчають *дисипативні* (нестійкі, слабоорганізовані) складні системи. Суть теорії нестабільності (теорії дисипативних структур) полягає в тому, що стан нерівноваги систем спричинює порядок та безпорядок, які тісно поєднані між собою. Нерівноважні системи забезпечують можливість виникнення унікальних подій, появу історії Універсуму. Час стає невід'ємною константою еволюції, оскільки в нелінійних системах у будь-який момент може виникнути новий тип рішення, який не зводиться до попереднього. Синергетичний підхід демонструє, яким чином і чому хаос може розглядатися як чинник творення, конструктивний механізм еволюції, як з хаосу власними силами може розвиватися нова організація.

Інструментарій синергетичного підходу дає змогу визначити, що:

- 1) складноорганізованим системам неможливо нав'язати напрями і шляхи розвитку, можливо лише сприяти (через слабкі впливи) процесу самоорганізації;
- 2) неможливо досягти одночасного поліпшення відразу всіх важливих

показників системи;

- 3) при кількох станах рівноваги еволюційний розвиток системи відбувається при лінійному зростанні ентропії (невизначеності ситуації);
- 4) для складних систем існують декілька альтернативних шляхів розвитку;
- 5) кожний елемент системи несе інформацію про результат майбутньої взаємодії з іншими елементами;
- 6) складна нелінійна система в процесі розвитку проходить через *критичні точки* (точки, *біфукації*), в яких відбувається розгалуження системи через вибір одного з рівнозначних напрямів її подальшої самоорганізації;
- 7) управляти розвитком складних систем можливо лише в точках їх біфукації за допомогою легких поштовхів, сума яких має бути достатньою для появи резонансу — достатньої амплітуди коливань як усередині системи, так і відносно впливів зовнішнього середовища. Тобто, чим *меншою* є сума впливів на більший об'єкт або процес у момент біфукації складноорганізованої системи, тим *більшим* є кінцевий синергетичний ефект. "Синергетично" мислячий історик, культуролог, політолог, економіст, таким чином, уже не можуть оцінювати те чи інше рішення через прямолінійне порівняння попереднього та наступного станів: вони мають порівняти реальний перебіг наступних подій з імовірним ходом подій при альтернативному ключовому рішенні.

Для ефективного використання синергетичного підходу необхідно:

- а) виділити та охарактеризувати (у поняттях формальної логіки) складну систему або процес, які потребують синергетичного впливу;
- б) дослідити стратегію її розвитку, описати можливі рівні її свободи, тобто рівноможливі напрями і шляхи її розвитку;

в) здійснити факторний аналіз можливих шляхів її самоорганізації;

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

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

е) правильно визначити критичний момент біфукації досліджуваної системи.

Продуктивним є застосування синергетичного підходу до аналізу самоорганізації соціальних систем, узгодження їхніх рушійних сил — мотиваційних спрямованостей соціальних об'єктів на основі певних духовних та культурних цінностей задля досягнення екологічної рівноваги між соціоантропосферою та біосферою планети, котрі разом утворюють цілісну систему. Комплекс синергетичних категорій про моделі самоорганізації у науках про людину й суспільство допомагає по-новому осмислити традиційні проблеми антропології, історії, культурології, соціальної психології та етики, розкриваючи при цьому маловідомі причинні залежності. Синергетика як теорія самоорганізації дає ключ до розуміння не лише механізмів нестабільності, а й механізмів стійкості складних систем.

Відносно новим загальнонауковим методом є *інформаційний підхід*, суть якого полягає в тому, що при вивченні будь-якого об'єкта, процесу чи явища в природі чи суспільстві, перш за все, виявляються найхарактерніші для нього *інформаційні аспекти*.

В основі інформаційного підходу лежить принцип *інформаційності*, згідно з яким:

- *інформація* є універсальною, фундаментальною категорією;
- практично всі процеси та явища мають *інформаційну основу*;

- інформація є носієм **смислу** (змісту) всіх процесів, що відбуваються в природі та суспільстві;

- всі існуючі в природі та суспільстві взаємозв'язки мають **інформаційний характер**;

- Всесвіт — це широкий інформаційний простір, в якому функціонують і взаємодіють **інформаційні системи** різного рівня.

Усвідомлення **всеосяжності** інформації в природі та суспільних явищах стало об'єктивним чинником виникнення нового фундаментального методу наукового пізнання — інформаційного підходу, який дає змогу дослідити об'єкти, процеси та явища з **інформаційного погляду**, виявити нові якості, важливі для розуміння їх сутності та можливих напрямів розвитку на основі знання загальних властивостей та закономірностей **інформаційних процесів**

Інформаційний підхід тісно пов'язаний із системним, що дає змогу уявити сучасний світ як складну глобальну багаторівневу **інформаційну систему**, яку утворюють три взаємопов'язані системи нижчого рівня: система "Природа", система "Людина" і система "Суспільство". Кожна з цих підсистем є, по суті, інформаційною. Інформаційна система "Людина" посідає центральне місце в інформаційній моделі сучасного світу, оскільки саме через неї здійснюється взаємодія інформаційних систем "Природа" і "Суспільство". Це зумовлено двоїстою сутністю людини, яка одночасно є природним і соціальним організмом. Це створює методологічну базу для дослідження проблем людини і суспільства як цілісних багаторівневих, багатофункціональних інформаційних систем.

Пізнавальні можливості інформаційного підходу полягають у тому, що предмет дослідження вивчається у контексті **інформації**, її численних виявів. Він передбачає використання пізнавальних можливостей інформаційної теорії, методів, засобів, організаційних форм і технологій, вироблених **інформатикою**, для визначення специфічних рис предмета

дослідження. Основний дослідницький актив інформаційного підходу полягає в тому, що всі об'єкти, процеси та явища є по суті **інформаційними**, оскільки пов'язані зі створенням, накопиченням, обміном або використанням інформації (відомостей, знання) задля здійснення соціальної комунікації.

У більш вузькому значенні інформаційний підхід означає ефективне використання пізнавального потенціалу **інформаційної діяльності**, що розглядаються як сукупність процесів одержання, збирання, аналітико-синтетичної переробки, зберігання, пошуку та розповсюдження інформації (а також інших допоміжних процесів, які забезпечують ці основні процеси), що використовується комунікаційними посередниками (соціальними інститутами або людьми, які виконують посередницькі функції між джерелом інформації (автором твору чи документом) та його споживачами. Для вчених, науковців інформаційна діяльність є невід'ємною складовою творчого процесу, одним із важливих обов'язкових елементів наукового дослідження будь-то огляд літератури з теми дослідження, спостереження, експеримент чи теоретичний умовивід, одним із основних засобів досягнення мети і завдань наукового дослідження, забезпечення достовірності його наукових положень, висновків і рекомендацій.

Інформаційний підхід має великі евристичні можливості щодо дослідження специфіки **інформаційних потоків** (масивів, ресурсів, продуктів і послуг) та **інформаційних потреб** досліджуваної предметної галузі через знання законів, функцій, ознак, властивостей, методів і засобів інформації як змісту повідомлень чи засобу соціальної комунікації (документної, інформаційної, когнітивної).

Останнім часом зростає значення **культурологічного підходу**, який набуває статусу загальнонаукової методології. Культурологічний підхід, завдяки широкій палітрі поняття **культура** та пізнавальним можливостям

культурології — науки, що вивчає культуру як цілісність, дає можливість дослідити безліч природних, соціальних, екологічних, економічних, педагогічних, інформаційних та інших об'єктів та явищ як культурологічного феномену.

Вихідним положенням культурологічного підходу є розгляд сучасного світу як багаторівневої ієрархічної системи "Культура", яка складається з трьох основних відносно самостійних підсистем: системи "Природа", системи "Людина" і системи "Суспільство". Кожна з підсистем може бути досліджена як культурний феномен. Особливе значення має дослідницько-пізнавальний потенціал культури для вивчення людини і суспільства.

Культурологічний підхід інтегрує дослідницький потенціал, накопичений рядом наук, які вивчають культуру (філософією культури, теорією культури, мистецтвознавством, психологією культури, соціологією культури, історією культури та ін.), і реалізує прагнення до аналізу предмета дослідження як культурного феномену. У межах культурологічного підходу культура розглядається як система, що складається і функціонує у взаємодії: об'єктивної (будь-які культурні об'єкти) і суб'єктивної ("зліпок" культури і свідомості) форм; раціональної й емоційно-чуттєвої її складової; культурно-новаційних механізмів проникнення культури в усі галузі і сфери людської діяльності; процесів виробництва, розповсюдження (трансляцій) і "присвоєння" культурних цінностей тощо.

Дослідницький потенціал культурологічного підходу полягає у такому:

- а) обранні для досягнення мети і завдань дослідження найбільш адекватного **визначення культури**;
- б) розгляді процесів та явищ як **феноменів культури**;

в) використанні найсуттєвіших **ознак** культури, її **субстанціональних** елементів, **аксіологічних**, **функціональних**, **інструментальних** та інших можливостей;

г) знанні та використанні теоретичних досягнень **культурології** та її основних складових: **історичної культурології**, **фундаментальної культурології**, **антропології**, **прикладної культурології**. Культурологічне пізнання і перетворення процесів та явищ зумовлене об'єктивним поділом культури на матеріальну і духовну, тісним зв'язком з нею особистості та суспільства. Людина не лише розвивається на основі освоєння нею культури, а й поповнює її новими елементами. У зв'язку з цим засвоєння культурних цінностей є розвитком самої людини і становленням її як творчої особистості.

Нині у межах культурологічного підходу активно розвивається **соціокультурний** підхід — теорія і методологія соціокультурного відтворення (репродукції), що акцентує увагу на єдності культури та соціальності, базується на наукових досягненнях культурології, педагогіки, етнографії, соціології, історичної і психологічної антропології, теорії соціальних комунікацій тощо. Соціокультурний підхід сконцентований перш за все: на **стратегічних соціальних цілях** історичного відтворення суспільства з його національною культурною специфікою і **системних характеристиках культурно-ціннісних комплексів** (як традиційних, так і нових) **соціальної адекватності і культурної компетентності** нових членів цього суспільства. Його використання забезпечує багатофакторний підхід до вивчення **соціокультурного середовища** (простору), механізмів зв'язку "соціальної" і "культурної" систем.

Аксіологічний (ціннісний) підхід базується на понятті **цінності** і дає можливість з'ясувати **якості і властивості** предметів, явищ, процесів, здатних задовольнити потреби окремої особистості і певного суспільства, а

також ідеї і спонукання у вигляді норми та ідеалу. **Цінності** — це перевага певних смислів і побудованих на цій основі способів поведінки.

До цінностей суспільства належать лише ті позитивно значимі явища та їхні властивості, що пов'язані з соціальним прогресом. Фундаментальними є **гуманістичні** або **загальнолюдські цінності**: життя, здоров'я, любов, освіта, праця, творчість, краса тощо. **Системи цінностей** є в кожній культурі, суспільстві, державі, професії, особистості. Аксіологічному осмисленню підлягають **матеріальні і духовні цінності**. Будь-який соціальний інститут, спираючись на цінності більш загального рівня, формує власні специфічні цінності: культурні, педагогічні, професійні та ін. Останні відтворюють смисли професії. Створюється система загальних і спеціальних **критеріїв і показників** цінності.

Пізнавальний, або когнітивний, принцип пов'язаний із загальнофілософською теорією пізнання і є методологічною базою для багатьох наук; особливо ефективний у вивченні динаміки науки та її співвідношення з суспільством, в обґрунтуванні провідного значення **знання** в поведінці індивіда. Слід мати на увазі, що для аналізу формування знання необхідне вивчення практичної і теоретичної діяльності людини у співвідношенні з її соціальним аспектом. У центрі досліджуваних проблем знаходиться людина як член соціуму, представник етносу, психологічний суб'єкт, мовна особа, комунікант.

Пізнавальний принцип у методології не має чітко окреслених меж, можливості його використання визначаються специфікою галузі. Особливе місце посідають дослідження рівня когнітивних структур соціальних груп і їхня мотивованість при визначенні інформаційно-пізнавальних потреб.

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:

- а) постановка завдання;
- б) визначення аналога;
- в) створення або вибір моделі;
- г) розробка конструкту;
- д) дослідження моделі;
- є) 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.

Такими є основні загальнонаукові принципи пізнавальної діяльності людини.

Рецензування (англ. **Peer review**) - процедура розгляду наукових статей та монографій вченими-фахівцями в тій же галузі (звідси назва в деяких мовах - "розгляд колегами", "рівними": англ. peer review, ісп. revisión por pares). Мета рецензування до публікації – переконатися у точності та достовірності викладу та у необхідних випадках домогтися від автора дотримання стандартів, прийнятих у конкретній галузі чи науці загалом. Публікації творів, які не пройшли рецензування, часто сприймаються з недовірою професіоналами.

Процедура подвійного незалежного рецензування провадиться всіма журналами, що входять до списків Scopus та Web of Science (WoS).

Рецензування використовується видавцями для відбору та оцінки представлених рукописів. Обов'язковому рецензування піддаються також дисертації на здобуття вчених ступенів.

Науково-дослідними організаціями та вузами, а також різними організаціями, що фінансують, рецензування проводиться при оцінці продуктивності вчених або для прийняття рішень про виділення коштів на дослідження, що проводяться даними вченими.

Застосовуються різні ступені підвищення об'єктивності рецензування, зокрема:

1) "одинарне сліпе рецензування" (single-blind peer review): рецензент знає особистість автора, але не навпаки.

2) "подвійне сліпе рецензування" (double-blind peer review): рецензент та автор анонімні один для одного.

3) "потрійне сліпе рецензування" (triple-blind peer review): під час розгляду рукопису особистість автора невідома також редактору.

3.1.4 Конкретнонаукова методологія

Конкретнонаукова (або **частковонаукова**) **методологія** — це сукупність ідей або специфічних методів певної науки, які є базою для розв'язання конкретної дослідницької проблеми; це наукові концепції, на які спирається даний дослідник.

Рівень конкретнонаукової методології потребує звернення до **загальновизнаних концепцій провідних учених** у певній галузі науки, а також тих дослідників, досягнення яких є загальновизнаними.

Пошуки методологічних основ дослідження здійснюються за такими напрямками:

- 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 стосовно його побудови, функціонування, що сприяє його

розумінню, тлумаченню, вивченню головних ідей. Концепція має надзвичайне значення, оскільки є єдиним, визначальним задумом, головною ідеєю наукового дослідження.

3.1.5 Методи і техніка дослідження

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, метод 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. *methodike*) — 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 під час 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"; з їх допомогою вивчаються ситуації в політичних, економічних, воєнних питаннях. Вони використовуються у психології ("трансакційний аналіз"), соціології ("управління враженнями", "соціальна інженерія"), в методиці нетрадиційного навчання.

У прикладних аспектах гуманітарних наук доцільно використовувати **математичні методи**. Математичний апарат теорії ймовірностей дає можливість вивчати масові явища в соціології, лінгвістиці. Математичні методи відіграють важливу роль при обробці статистичних даних, моделюванні. Однак при цьому слід зважати на різницю в природі об'єктів і категорій гуманітарних, природничих і математичних наук. Проблема полягає у визначенні конкретної гуманітарної сфери, в якій застосування математичних методів дає результати.

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.

3.1.6 Використовування методів наукового пізнання

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 великі 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).

Методи емпіричного дослідження будуть подані у відповідному розділі.

Спостереження — систематичне цілеспрямоване вивчення об'єкта. Це найелементарніший метод, який є, як правило, складовою інших емпіричних методів.

Щоб стати основою наступних теоретичних і практичних лій, спостереження мусить відповідати таким вимогам:

- задуманості заздалегідь (спостереження проводиться для певного, чітко поставленого завдання);
- планованості (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 або похідна 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, такі як відсторонене і приховане спостереження, а також "включене" спостереження — співучасть у дослідженні.

Опитування дає змогу отримати як фактичну інформацію, так і оцінні дані, 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.

Розрізняють **формальні і неформальні ситуації** тесту й, у ході перших передбачають отримати відповіді на стереотипні запитання, другі проводять у формі бесіди на тему. Головною умовою при цьому є створення атмосфери психологічного комфорту й довіри. Тестування, на відміну від інших методів, дає змогу виявити індивідуальні характеристики об'єкта дослідження.

Необхідно дотримуватися принципу **репрезентативності** — достатності фактичного матеріалу. Так, якщо вивчаються характерні риси молоді, то вибірка має включати всі групи молоді — учнів і неучнів, міську і сільську молодь, яка проживає в різних регіонах країни. При недотриманні цих умов репрезентативність вибірки і мета дослідження не будуть досягнуті. Необхідно мати уявлення про **генеральну і вибірккову сукупність**.

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, контент-аналіз 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**.

Контент-аналіз посідає особливе місце в системі методів другого етапу дослідження, оскільки він допомагає дати інтерпретацію змісту інформації через кількісні показники. Останнім часом контент-аналіз розуміють як якісно-кількісний аналіз змісту сукупності текстового масиву. Контент-аналіз на доповнення до традиційних методів логіко-аналітичного аналізу застосовують переважно до текстових масивів (опублікованих і неопублікованих), а не конкретних текстів.

Суть методу полягає в знаходженні і виділенні в тексті певних смислових понять, одиниць аналізу, що являють інтерес для дослідника, а також визначенні частоти їх застосування в документі залежно від змісту. Ретельний підрахунок за кожною одиницею спостереження з обов'язковим урахуванням частоти її вживаності у тексті дає змогу виявити закономірності, об'єктивовані в документі, які традиційними методами вивчити не можна.

3.1.7 Методи, що застосовуються на емпіричному й теоретичному рівнях досліджень

До методів, що застосовують на емпіричному й теоретичному рівнях досліджень, відносять, як правило, абстрагування, аналіз і синтез, індукцію та дедукцію, 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). Прикладом абстракції можуть служити численні поняття, якими оперує людина не лише в науці, а й у повсякденному житті: дерево, дім, дорога, книга та ін. 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.

Індукція та дедукція. *Дедуктивною* називають таку розумову конструкцію, в якій висновок щодо якогось елементу множини робиться на підставі знання загальних властивостей всієї множини. Змістом дедукції як методу пізнання є використання загальних наукових положень при дослідженні конкретних явищ.

Під *індукцією* розуміють перехід від часткового до загального, коли на підставі знання про частину предметів класу робиться висновок стосовно класу в цілому. Дедукція та індукція — взаємопротилежні методи пізнання.

Є кілька варіантів установлення наслідкового зв'язку між методами наукової індукції:

- метод єдиної подібності. Якщо два чи більше випадків досліджуваного явища мають лише одну загальну обставину, а всі інші обставини різні, то саме ця подібна обставина є причиною явища, яке розглядається;

- метод єдиної розбіжності. Якщо випадок, у якому досліджуване явище настає, і випадок, в якому воно не настає, в усьому подібні і відрізняються тільки однією обставиною, то саме ця обставина, наявна в одному випадку і якої немає в іншому, є причиною явища, котре досліджується;

- об'єднаний метод подібності і розбіжності — комбінація двох перших методів;

- метод супутніх змін: коли виникнення або зміна одного явища викликає певну зміну іншого явища, то обидва вони перебувають у причинному зв'язку між собою;

- метод решт: якщо складне явище викликане складною причиною, котра являє собою сукупність певних обставин, і відомо, що деякі з них є

причиною частини явища, то решта цього явища викликається обставинами, що залишилися.

3.1.8 Методи теоретичних досліджень

Серед методів теоретичних досліджень слід, передусім, назвати історичний, термінологічний, функціональний, системний, когнітивний, моделювання та ін., зміст яких розкрито у попередніх розділах.

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:

- вона 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.

В більш розгорнутому представлені методологічні положення щодо теоретичної основи наукових досліджень викладені в підрозділі 3.2.

3.1.9 Застосування логічних законів і правил

Текст наукової праці відрізняється від будь-якого іншого передусім своєю **логічністю**. Більшість помилок, яких припускаються автори дисертаційних 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. $A \in A$ ($A = A$), де A — думка.

Цей закон потребує, щоб у повідомленні всі поняття і судження мали однозначний характер, виключали багатозначність і невизначеність. Це непросто, 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.

Однак закон протиріччя не діє, якщо щось стверджується і те саме заперечується відносно одного і того ж предмета, але який розглядається:

- 1) у різний час;
- 2) у різних обставинах.

Отже, один і той же предмет, якщо його розглядати в різних відношеннях, дає підстави для протилежних, проте однаково істинних оцінок.

У науковій діяльності слід зважити на **закон виключення третього**. Цей закон стверджує, що з двох суперечливих суджень одне помилкове, а друге істинне. Третього не дано. Він виражається формулою: " $A \in B$, або не B ". 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 діяльності 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 чогось і запереченням того ж самого.

Вимогу доказовості наукових висновків, обґрунтованості суджень виражає закон **достатньої підстави**, який формулюється таким чином: будь-яка слухна 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 не

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.

Значна частина наукової інформації має характер вихідних суджень, тобто суджень, які не отримано через безпосереднє сприйняття будь-яких фрагментів дійсності, а виділено з інших суджень, які наче вилучено з їх змісту. Логічним засобом отримання таких вивідних знань і є **умовивід**, тобто розумова операція, за допомогою якої з деякої кількості заданих суджень виводиться інше судження, певним чином пов'язане з вихідним. Усі умовиводи можна кваліфікувати як індуктивні і дедуктивні.

Дедуктивним називають такий умовивід, у якому висновок про деякий елемент множини робиться на основі пізнання загальних властивостей усієї множини. У цьому зв'язку під дедуктивним методом пізнання розуміють саме дедуктивний умовивід. Таким чином, змістом дедукції, як методу пізнання, є використання загальних наукових положень при дослідженні конкретних явищ.

Дедукція вигідно відрізняється від інших методів пізнання тим, що при істинності вихідного знання дає Істинні вивідні знання. Однак було б помилкою переоцінювати наукову значущість дедуктивного методу, оскільки без отримання вихідного знання цей метод не є ефективним. Тому вченому на-необхідно вміти користуватися індукцією.

Під *індукцією* розуміють умовивід від поодинокого до загального, коли на основі знання про частину предметів певного класу робиться висновок про клас у цілому. Однак можна розглядати індукцію в широкому смислі слова як метод пізнання, як сукупність пізнавальних операцій від часткових положень до загальних. Отже, різниця між індукцією і дедукцією виявляється передусім у прямо протилежній спрямованості ходу думки.

Узагальнюючи накопичений емпіричний матеріал, індукція готує підґрунтя для висунення передбачень про причину досліджуваних явищ. А дедукція, теоретично обґрунтовуючи отримані індуктивним шляхом висновки, знімає їх гіпотетичний характер і перетворює на достовірне знання.

Індукція (або узагальнення) буває повною і частковою. *Повна індукція* полягає в дослідженні кожного випадку, який входить до класу явищ, з приводу яких робляться висновки. Подібна можливість видається рідко, оскільки окремих випадків безліч. Тому частіше узагальнення роблять на основі вивчення типових випадків. Однак індукція на основі обмеженого обсягу даних не приводить до універсальних або широко застосовуваних, принципових висновків. Процес отримання середньої величини не є умовиводом, а лише переліченням, що приводить до сумарних даних. Втім такі методи часто цінні як щаблі, що ведуть до остаточних доказових даних зі спеціальних питань. Майже всі статистичні показники — сумарний підсумок окремих переліків.

Оскільки більшість показників, що наводяться в наукових текстах, є підсумком переліків окремих прикладів, виникає потреба навести основні способи перевірки обґрунтованості їх використання в текстах.

Перший спосіб — установити, чи правильним є приклад, який покладено в основу узагальнення, оскільки неправильність такого

прикладу може значно підірвати довір'я не лише до даного узагальнення, а й до самого автора наукової праці.

Другий спосіб — виявити, чи має приклад відношення до висновку.

Третій спосіб — визначити, чи достатньо наведено прикладів.

Четвертий спосіб — установити, чи є типовими підібрані приклади. Достатньо чи недостатньо прикладів, залежить від того, наскільки вони типові.

В наукових працях об'єктом дослідження часто виступають поодинокі неповторні за своїми індивідуальними характеристиками події, предмети і явища. При їх поясненні та оцінюванні ускладнене застосування як дедуктивних, так й індуктивних міркувань. У такому разі вдаються до **висновків за аналогією**, коли порівнюють нове поодиноке явище з іншим, відомим, схожим з ним поодиноким явищем і поширюють його властивості на раніше отриману інформацію.

У наукових дослідженнях аналогія набуває особливого значення для примноження наукових знань. Історія розвитку науки і техніки свідчить, що аналогія послужила основою для багатьох наукових і технічних відкриттів. Особливу роль відіграє умовивід за аналогією в суспільно-політичних науках.

Не всі аналогії логічні, тому необхідна їх перевірка. Є два способи такої перевірки. Перший спосіб — з'ясування, чи дійсно необхідне порівняння явищ? Другий спосіб — чи суттєва різниця між ними?

Слід пам'ятати, що немає повної логічної аналогії, оскільки не буває двох абсолютно однакових обставин. Ось чому аналогією рідко можна користуватися, не звертаючись до інших видів доказів. Тому більш поширеним є інший варіант індукції — судження **про причинну залежність**, яке відіграє особливо важливу роль у науковому тексті. Саме тут доводиться фіксувати зміну явищ чи умов. Висновок про причину є логічним судженням про зміну: воно являє собою висновок, що при

даному стані речей результатом буде той чи інший результат (від причини до наслідку). Або: якщо відомий наслідок, можна визначити причину (висновок — від наслідку до причини). Варіантом цих видів умовиводів буде висновок від наслідку до наслідку, якщо у того й загальна причина.

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 чітко, не припускати 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 такі 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 необґрунтованості 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 пропонентом положення і з нього логічно виводять можливі наслідки.

Розмірковують при цьому приблизно так: припустимо, що теза пропонента 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 яро хибність основи. За допомогою прямого спростування доводять необґрунтованість тези пропонента, 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 пропонента. Він зосереджує увагу на докладному і всебічному обґрунтуванні власної тези. Якщо аргументація ґрунтовна, робиться висновок про хибність тези пропонента. 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 вдасться довести хибність або сумнівність аргументів, то звідси впливає необґрунтованість тези. Критика аргументів може виявлятися в тому, що опонент указує на неточний виклад фактів, двозначність узагальнення статистичних даних, висловлює сумнів в авторитетності експерта, на висновок якого посиляється пропонент, і т. ін.

Критика демонстрації — третій спосіб спростування. У цьому разі доводять, що в міркуваннях пропонента немає логічного зв'язку між аргументами і тезою. Коли теза не впливає 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 — дисертації, монографії, статті тощо.

3.2 Теоретичні основи наукових досліджень

3.2.1 Структура наукової теорії

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 звільняють дослідника від додаткових доказів методологічних засад конкретного наукового дослідження.

Теорія є найадекватнішою формою наукового пізнання. Вона охоплює сукупність абстрактних пізнавальних уявлень, ідей, понять, концепцій, які

обслуговують практичну діяльність людей. Традиційно її протиставляють практиці.

***Теорія** (грец. *Theoria* — розгляд, міркування, вчення) — система достовірних знань про дійсність, яка описує, пояснює, передбачає явища конкретної предметної галузі.*

Вона дає знання, істинність якого перевірена практикою, забезпечує вивчення об'єкта пізнання в його внутрішніх зв'язках і цілісності, пояснює різноманітність існуючих фактів і може передбачити існування нових, ще невідомих.

За переконанням німецько-американського теоретика, фізика Альберта Ейнштейна (1879—1955), наукова теорія повинна відповідати таким критеріям:

1. Не суперечити даним досвіду, фактам.
2. Бути перевіреною на наявному дослідному матеріалі.
3. Вибудовуватися на логічно простих засадах (основних поняттях і співвідношеннях між ними).
4. Містити найбільш витлумачені терміни. Це означає, що з двох теорій, які послуговуватимуться однаково «простими» основними положеннями, перевагу буде надано тій, яка відчутніше (більш визначено) обмежує можливі апіорні (незалежні від досвіду) якості систем.
5. Не бути логічно довільно обраною серед приблизно рівноцінних і аналогічно побудованих теорій (у такому разі вона видається найціннішою).
6. Відзначатися красою і гармонійністю.
7. Поєднувати в цілісну систему абстракцій різноманітні об'єкти.
8. Мати широку сферу застосування з урахуванням того, що в межах вживання її основних понять вона ніколи не буде спростована.
9. Вказувати шлях для створення нової, загальнішої теорії, в координатах якої вона залишиться граничним випадком.

У сучасній філософії і методології науки виокремлюють п'ять основних елементів теорії.

1. Вихідні засади (фундаментальні поняття, принципи, закони, рівняння, аксіоми тощо).

2. Ідеалізований об'єкт (абстрактна модель суттєвих властивостей і зв'язків досліджуваних предметів, наприклад, «абсолютно чорне тіло», «ідеальний газ», «homo oeconomicus», «Робінзон», «вартість» тощо).

1. Логіка теорії (сукупність певних правил і способів доведення, спрямованих на пояснення структури і зміну знання).

3. Філософські установки і ціннісні фактори.

4. Сукупність законів і тверджень, що впливають як наслідки із засад конкретної теорії відповідно до її принципів.

Помилково було б ототожнювати теорію з наукою, оскільки між ними існує багато суттєвих відмінностей. Якщо теорія протиставляється (хоч і відносно) практиці, то наука поєднує і теорію, і практику. Теорії можуть змінювати одна одну, окремі з них стають «морально» застарілими, інші з'являються, а наука завжди залишиться однією й тією самою. У межах певної науки нерідко співіснують, конкурують кілька наукових теорій, які пропонують різноманітні методи і практичні рекомендації.

Структура більш-менш цілісних наукових теорій, як правило, складається з таких розділів:

—структура предмета дослідження;

—закони функціонування теорії;

—класифікація різновидів предмета дослідження;

—генезис і розвиток теорії.

Як найскладніша форма вираження наукових знань, теорія виникає лише на досить високому щаблі розвитку пізнання певної сукупності явищ і охоплює елементи, що становлять простішу форму вираження знань.

Основним і найважливішим елементом наукової теорії вважають принцип, що органічно пов'язує інші елементи в єдине ціле, у струнку систему.

***Принцип** (лат. *principium* — начало, основа) — вихідний пункт теорії; те, що становить основу певної сукупності знань.*

У науковій теорії принцип є стрижнем, навколо якого синтезуються всі її поняття, судження, закони тощо, розкриваючи, обґрунтовуючи і розвиваючи його.

Кожна наукова теорія має свою теоретичну основу, свій принцип, що синтезує. В іншому разі йшлося б не про теорію, а про механічну суму понять, суджень, законів, хоч і пов'язаних між собою, але не об'єднаних у струнку систему єдиним, фундаментальним положенням, ідеєю. Принцип істотно відрізняється від усіх інших елементів теоретичної системи. Він є головним, визначальним у фундаменті теорії і підпорядковує собі всі інші її елементи. Кожний з них своєрідно характеризує центральний принцип. Сукупно всі елементи теоретично всебічно і глибоко обґрунтовують його, створюючи єдину струнку систему конкретної теорії. Поки немає синтезуючого принципу, немає і теорії.

Принципи різняться за багатьма ознаками. А колена теорія, як правило, формується на основі кількох принципів різного рівня спорідненості. Водночас вони не повинні формально-логічно суперечити один одному. А принцип меншого рівня спорідненості конкретизує принцип більшого рівня спорідненості.

Пізнавальна цінність теорії, її місце і роль у науці залежать насамперед від закладеного в її основу принципу. За своєю природою і впливом на пізнавальні аспекти теорії принципи бувають різними. Одні з них служать глибинною основою теорії, синтезуючи її елементи і

створюючи умови для плідного дослідження в конкретній сфері пізнання, інші виявляють свою незрілість за першого випробування.

Цінність принципу зумовлюється не лише ступенем його розробленості, а і його істинністю. Безперечно, наукову теорію неможливо побудувати на основі помилкових, ненаукових або антинаукових принципів.

Іноді, загалом небезпідставно, основним началом наукової теорії вважають як принцип, так й ідею. Поняття «принцип» та «Ідея» не можна ототожнювати, але є підстави вважати їх основними елементами наукової теорії одного рівня.

Ідея (грец. idea — начало, основа, першообраз) — форма відображення зовнішнього світу, що охоплює свідомість, цілі й перспективи його пізнання і практичного перетворення.

Суттєві особливості ідеї як феномену засвідчують її близькість за змістом з поняттям «принцип» і феноменом, позначеним ним.

У структурі теорії значне місце посідають також закони, відкриті наукою у конкретній сфері дійсності.

Науковий закон постає як сформульоване у поняттях знання, основою якого є реальні факти, явища, процеси. Вони розкривають і конкретизують його зміст.

Зрілість наукової теорії, глибина її висновків, спроможність адекватно відобразити глибинні процеси, закономірності значною мірою залежать і від зрілості, виваженості й досконалості наукових понять, якими вона оперує.

Поняття — форма мислення, що забезпечує пізнання сутності явищ, процесів, узагальнення їх ознак.

Науковий рівень теорії і рівень втілених у її поняттях знань взаємопов'язані. Більше того, історія формування і розвитку багатьох

теорій значною мірою є історією формування і розвитку найзагальніших понять категорій науки.

Систему теорії утворюють тільки необхідні елементи і тільки істотні, стійкі, повторювані зв'язки й відношення між сутностями.

Сутність — *головне, основне, визначальне у предметі.*

Вона зумовлена глибинними внутрішніми зв'язками і пізнається на рівні теоретичного мислення. Сутності не існують окремо від несуттєвих елементів і зв'язків, вони реалізуються у нерозривній єдності з ними. Їони не лежать на поверхні, а сховані за явищем, виокремлюються з явищ, що розвиваються, у процесі пізнання, звільняються від усього випадкового, несуттєвого.

Отже, основним елементом у структурі теорії, який визначає її зміст, є принцип. Він утворює верхній рівень теорії. На цьому рівні функціонують й основні поняття, судження і закони. Вони незалежні, не зумовлені одне одним. Проте вони пов'язані з основним принципом теорії і не можуть як логічно, так і за змістом суперечити йому. Разом із ним вони утворюють єдине ціле. Головний принцип теорії об'єднує основні поняття, судження і закони у цілісність, ядро якої, як і всієї теорії, складають фундаментальні закони.

Фундаментальний (лат. *fundamentum* — основа) закон — закон, що виражає зв'язки між вихідними, основними поняттями.

Узгоджені з правилами логічного висновку фундаментальні закони дають змогу розгорнути весь логічно стрункий ланцюг причетних до змісту певної теорії суджень, виступають критерієм їх істинності. Узгоджені з фундаментальними законами судження визнають істинними, а ті, що суперечать їм — помилковими, не залучають у систему суджень теорії, оскільки істинність фундаментальних законів підтверджується практикою.

Кожний елемент теорії, кожне її положення повинні бути обґрунтованими, науково доведеними. Гіпотези (припущення), ймовірні висновки і неперевірені дані не завжди можуть бути елементами теорії. Здебільшого вони передують формуванню або розвитку теорії.

Важливою особливістю наукової теорії, неодмінною умовою її спроможності є внутрішня замкнутість її як системи, що відображає конкретну сферу дійсності. До того ж будь-яка теорія повинна бути логічно стрункою тобто внутрішньо несуперечливою. За цієї умови у ній не можна істотно змінити жодного її елемента, не порушуючи при цьому загальної системи. Логічної стрункості теоретичної системи досягають за дотримання такої важливої вимоги, як мінімізація теорії («брита Оккама»).

***Мінімізація** (лат. *minimus* — найменше) теорії — добір мінімальної кількості понять, що утворюють основу нової теорії.*

Відомо, що кожна наукова теорія формується з огляду на одну або кілька ідей чи фундаментальних понять. Прагнучи логічної стрункості, несуперечливості, замкнутості теорії, дослідник намагається, щоб у її підґрунті було якнайменше вихідних понять, ідей і співвідношень між ними. Усі основні ідеї, фундаментальні поняття не повинні бути похідними від інших ідей. За недотримання цієї умови розвивається не теорія, а сукупність ідей, понять, принципів, які не можуть бути єдиною, несуперечливою, замкнутою теоретичною системою.

Особливо велике значення мінімізації має в так званих дедуктивних (окремі положення виводяться із загального), аксіоматичних (сприймаються як незаперечні істини) теоріях, тих, що піддаються формалізації (вкладаються у математичні символи і формули). Інші теорії теж потребують мінімізації, хоча не завжди досягають її відразу; нерідко це відбувається і після формування теорії.

Мінімізація теорії визначається певним типом раціональності, зокрема, домінуючою нині відкритою раціональністю, яка передбачає уважне й шанобливе ставлення до альтернативних концепцій, підтримання діалогу між різними пізнавальними позиціями та дослідницькими програмами.

3.2.2. Функції наукової теорії

Теорії як найвищій формі вираження наукових знань властиві багато важливих функцій, основними з яких є пояснювальна, передбачувальна, синтезуюча, методологічна, практична.

Пояснювальна функція. Наукове пояснення полягає в розкритті зв'язків між ще не з'ясованими фактами, явищами, подіями, процесами, закономірностями дійсності (об'єктами наукового пояснення) і вже відомими й поясненими, а також, із явищами (процесами, закономірностями), які зумовили їх. Усе це дає змогу усвідомити місце об'єктів пояснення у системі природних, суспільних взаємозв'язків і законів.

Поясненням називають складний, тривалий дослідницький процес, що знаменує найважливіше завдання наукового пізнання й відбувається задля всебічного характеризування певної сукупності явищ. Мети пояснення досягають за допомогою багатьох методів: дедукції (метод дослідження, який полягає у переході від загального до окремого), аналогії (умовивід, у якому через схожість предметів, явищ, процесів за одними ознаками роблять висновок про можливу схожість цих предметів за іншими ознаками), опису, порівняння, впорядкування моделі, пояснення через закон або систему законів науки, генетичного (за походженням), функціонального, структурного пояснення тощо. Пояснення завжди постає

у формі висновку або системи логічних висновків, утворених сукупністю пояснювальних прийомів.

Пояснювальна функція теорії є однією з найважливіших. Реалізується вона завдяки використанню таких прийомів:

- 1) розгляд, що пояснює охоплені теорією явища у контексті суміжних і пов'язаних із ними фактів, а також дослідження їх виникнення і розвитку;
- 2) вивчення структури об'єкта, визначення місця кожного з елементів цієї структури в об'єкті як цілості;
- 3) виявлення місця, що пояснює явище як частину в іншому явищі;
- 4) встановлення належності пояснюваного об'єкта до певного класу та ін.

Пояснювальна функція розкриває закономірності розвитку об'єктів теорії, науково обґрунтовує ці закономірності. Через явища вона виявляє багатосторонню і різноманітну сутність об'єктів. У різних теоріях це здійснюється за допомогою різноманітних форм і прийомів пояснення.

Пояснення — з'ясування особливостей ситуації, розкриття мотивів, причин певних процесів, явищ, подій.

Здійснюється пояснення за допомогою тих висловлювань (розповідних речень природної чи штучної мови), суджень, які містяться в структурі теорії. Це стосується як вихідних (початкових), так і похідних (виведених з інших) висловлювань, поданих як закони науки і поняттєве-категорійний апарат теорії. Цим і відрізняється пояснення на рівні теорії від пояснення, вживаного в повсякденному житті, яке може здійснюватися на основі практичного досвіду, емпіричних (заснованих на чуттєвому досвіді) спостережень, законів і правил.

Пояснення тісно пов'язане з описом — словесним передаванням чогось-небудь. Опис є первинним, не зовсім точним словесним відображенням явища, сукупності явищ, процесів і подій. Під час опису об'єкта, як правило, перераховують ознаки, що більш-менш повно розкривають його і можуть бути як істотними, так і несуттєвими. До опису явища вдаються тоді, коли важко або неможливо сформулювати наукове визначення його поняття. В інших випадках опис супроводжує визначення задля повнішої характеристики.

Опис є важливим, початковим етапом формування наукової теорії, хоча відтворює, як правило, дуже недосконалий образ об'єкта.

Теорія поруч з поясненням може містити і опис, який реалізують на емпіричному (повідомлення про те, що спостерігається емпірично) і на теоретичному рівні. Опис на теоретичному рівні здійснюють, вдаючись до наукової теорії.

Розкриття у процесі реалізації пояснювальної функції теорії сутності охоплених нею предметів і явищ, взаємозв'язків і відношень між ними і з іншими предметами і явищами, а також висвітлення процесу виникнення і розвитку пояснюваних об'єктів зумовлює появу можливостей наукового передбачення їх розвитку,

Передбачувальна функція. Сутність передбачувальної функції теорії полягає в тому, що наукова теорія дає змогу окреслити на основі наукових знань тенденції подальшого розвитку пояснюваних явищ, передбачити майбутні події, виникнення нових, невідомих явищ, що має велике значення і для діяльності людей, і для наукового пізнання.

Передбачувальна функція теорії не тільки характеризує наукову зрілість, глибину теорії, яка виявляє властивості, зв'язки і відношення предметів, явищ досліджуваної нею сфери дійсності, а й передбачає планування майбутньої діяльності.

Найбільші передбачувальні можливості властиві теоріям, які широко охоплюють певну сферу дійсності. Вони не потребують для своїх прогнозів значної кількості інформації. Наприклад, за допомогою теорії, що розкриває механіку руху небесних тіл, вчені порівняно точно прогнозують сонячне і місячне затемнення, визначають параметри, пов'язані з рухом природних і штучних небесних тіл, відкривають нові, невидимі з Землі планети.

Трапляється, що точна і відносно досконала теорія виявляє незначні передбачувальні функції, оскільки для визначення розвитку сфери дійсності, на яку теорія зорієнтована, потрібно чимало додаткової інформації, а її не завжди можна здобути. Тому передбачувальні можливості теорії не варто переоцінювати, оскільки її прогностичний потенціал не завжди вдається реалізувати і не в кожній теорії він достатньо потужний.

Передбачувальна функція теорії є продовженням і розвитком пояснювальної, вони тісно пов'язані між собою, оскільки кожне пояснення тією чи іншою мірою містить і передбачення, а передбачення неможливе без пояснення і вибудовується на його основі. Чим повніше реалізована пояснювальна функція теорії, тим ширші її прогностичні можливості, а отже, досконаліша її передбачувальна функція. Рівень досконалості, глибина пояснювальної та передбачувальної функцій визначають істинність теорії.

Синтезуюча функція. Кожна теорія впорядковує нагромаджений наукою у конкретній сфері знань обсяговий емпіричний матеріал, узагальнює його, постає як синтез інформації за єдиним принципом. Функція синтезуючої теорії полягає й у розкритті нею закономірних зв'язків між частинами й елементами теоретичної системи, що дає змогу визначити принципово нові відношення й інтеграційні якості, які властиві теорії як цілісній системі на противагу окремим частинам й елементам

теорії або простій їх сукупності. Крім того, систематизація знань у теорії забезпечує принципове їх спрощення, усуває розрізненість. Синтезуюча функція теорії особливо яскраво виявляється, коли йдеться про сукупність або систему теорій (теорія міжнародної торгівлі, філософія світового господарства).

Методологічна функція. Наукова теорія спроможна не тільки синтезувати, організовувати, інтегрувати в єдину логічно струнку систему знання людей про навколишню дійсність, а й розвивати, удосконалювати, їх, поповнювати теоретичний арсенал науки новими відомостями, що досконаліше і глибше розкривають матеріальні й духовні явища, їх найважливіші закономірності. Ці особливості наукової теорії реалізуються в методологічній функції,

Між науковими теоріями, закономірностями буття і методами, в яких розкриваються ці закономірності, існує органічний взаємозв'язок, взаємопроникнення, взаємотрансформація (перехід один в одного) у процесі пізнання: теорія за певних умов після відповідної зміни перетворюється на метод пізнання, а методи наукового дослідження набувають якостей теорії, теоретичного значення. Наприклад, системний метод спочатку використовувався лише в біологічній науці, а економічна, теорія з часом стала, методологічною основою всіх економічних наук.

Практична функція. Як стверджував американський промисловець Генрі Форд (1868-1947), "немає нічого більш практичного, ніж добра теорія". Наукова теорія своїми функціями зорієнтована не тільки на свої внутрішні потреби, а й на важливу зовнішню функцію — практичну, оскільки створення наукової теорії не є самоціллю науки. Сама по собі теорія не мала б настільки великого значення, якби вона не була потужним засобом розвитку наукових знань, а також науковою, методологічною основою практичної діяльності людей.

У науці формуються дослідження, які обслуговують не лише існуючу практику, а й такі, результати яких можуть бути застосовані в практиці майбутнього. Ці дослідницькі програми зумовлені пізнавальними інтересами, через які виявляються потреби суспільства в прогнозуванні способів і форм практичного освоєння, світу.

3.2.3 Класифікація наукових теорій

Наука загалом, як і конкретна наука зокрема, охоплює багато найрізноманітніших теорій. У зв'язку з цим постала необхідність створити таку класифікацію наукових теорій, яка, будучи заснованою на їх об'єктивному змісті, забезпечила б визначення місця кожної з теорій у системі наукових знань.

До XVIII ст. наука була єдиною, не розчленованою, на окремі галузі. Вона не мала у своєму розпорядженні справді глибоких знань. З огляду на це важко було очікувати науковості від класифікації теорій і галузей знання.

До середини XIX ст. було прийнято поділяти науки і відповідні їм теорії на такі групи:

- теорії, що вивчають мінерали;
- теорії, що досліджують життя рослин;
- теорії, що вивчають життя тварин.

У період нагромадження наукового матеріалу і вивчення явищ природи без урахування їх загального зв'язку й розвитку, коли здійснювалося дослідження окремих видів тварин і рослин, одиничних явищ неживої природи і їх систематизації, така, класифікація загалом відповідала вимогам розвитку науки. Проте вона мала істотні недоліки. Насамперед зазначений, розподіл теорій надто широкий, а кожна з трьох груп теорій охоплює якісно надто далекі один від одного об'єкти; три сфери дійсності відокремлювались одна від одної і навіть

протиставлялися. Крім того, доза класифікацією опинилися суспільні теорії і теорії, що досліджують людське мислення як відображення дійсності.

Найвдаліший принцип класифікації наук і відповідних їм теорій запропонував німецький філософ Георг-Вільгельм-Фрідріх Гегель (1770-1831), який розглядав весь **природничо-історичний** і духовний світ таким, що розвивається, відповідно до цього прагнучи аналізувати і систему знань. Своїм завданням він вважав створення такої системи усіх нагромаджених людством знань, яка була б не довільною, а відповідала б внутрішній логіці розвитку предмета дослідження. Згідно з цим принципом Гегель наукові теорії про природу поділяв на механіку («механізм»), що служить вихідним пунктом поступального розвитку абсолютної ідеї (надприродного, нічим не зумовленого начала, «божественної думки», безособового розуму, які, за філософською системою Гегеля, породжують матеріальний світ) в природі, фізику («хімізм») як початок прямування природи в середину і біологію («організм»), в якій виявлений процес завершується. Кожен із цих шаблів розвитку абсолютної ідеї, вважав він, втілюється у певному «царстві природи», і хоч усі вони мають самостійне значення, останнє «царство природи» є конкретною єдністю всіх попередніх,

За останні роки наука зробила найбільший крок у своєму розвитку. Вона відкрила нову сферу дійсності мікросвіт, нові принципи і закономірності розвитку реальності (принципи зберігання, інформації, зв'язку та ін.), що актуалізує проблему уточнення попередньої класифікації. З цим пов'язані відчутні труднощі під чаї: упорядкування наукових теорій, які відповідають сучасному рівню розвитку науки, оскільки синтез двох або кількох сфер знання і створення на їх межах гібридних теорій своєрідно замикає коло наукового пізнання, що ускладнює з'ясування місця нової теорії в існуючій класифікації.

Наукові теорії можна класифікувати і за іншими критеріями, зокрема за ступенем їх спільності, яка визначається спільністю фундаментальних законів, що утворюють ядро теорії. Існують різноманітні ступені спільності законів, залежно від того, наскільки велике коло явищ вони охоплюють. За цим критерієм їх поділяють на такі групи:

- специфічні. Діють тільки у певній сфері дійсності і відображають істотні зв'язки окремих аспектів матеріального чи духовного світу;
- загальні, їх дія поширюється або на всю природу, або на всі суспільні явища, або на все людське мислення;
- всезагальні. Поширюються на всі явища природи, людського співтовариства і мислення.

Фундаментальні для певної теорії закони є її невід'ємною складовою, утворюючи у своїй сукупності її ядро. Вони і зумовлюють спільність теорій. Якщо фундаментальні закони теорії належать до загальних, то і теорія називається загальною (теорія вартості і цін, теорія поділу праці, класична механіка, сформована на основі загальних законів природи). Загальна теорія однієї сфери дійсності може істотно відрізнитися від загальної теорії іншої. Але всі вони мають цілком узгоджуватися із всезагальною теорією і не можуть перебувати у логічному та змістовному протиріччі з нею. Якщо фундаментальні закони теорії належать до специфічних, то і теорія є специфічною (теорія посткомуністичної трансформації, електромагнітна, теорія у фізиці, теорія природного добору в біології та ін.). Усі вони, хоча і мають відносно самостійне значення, походять від загальних і всезагальних теорій, реалізуючись як їх конкретизація і прояв у різноманітних сферах дійсності. Це означає, що загальні, всезагальні і специфічні теорії існують не ізольовано одна від одної, не в залежності одна від одної, а в органічному взаємозв'язку,

оскільки відображають предмети, явища, події матеріального і духовного світу, їх властивості, зв'язки і відношення.

Залежно від місця і ролі в тій або іншій теорії емпіричних даних і дедуктивних побудов, а також від їх логічної структури теорії поділяють також, на дедуктивні і недедуктивні.

Проте ця класифікація досить відносна, оскільки жодна теорія не може формуватися і розвиватися без емпіричних даних і дедуктивних побудов, але в різних теоріях домінують то емпіричні відомості., то дедуктивні конструкції. Наприклад, дедуктивні теорії, як і всі інші, формувалися на емпіричному матеріалі, але в них. дослідні дані постають лише як базові, вихідні, а розгортання теорії здійснюється дедуктивне, тобто значною мірою незалежно від досвіду. У формуванні недедуктивних теорій теж неможливо уникнути дедуктивних висновків, оскільки, без них не можуть існувати теоретичні конструкції, але в цьому разі домінує опрацювання емпіричних даних переважно на основі індуктивних (ґрунтуються на переході від спостереження явищ до з'ясування загальних правил і законів) й аналогічних висновків.

Найбільш науково розробленими є дедуктивні теорії, однак вони дещо обмежені, їх побудова потребує значних ідеалізацій, а логічна замкнутість зумовлює їх консерватизм; недедуктивні ще чекають на належне опрацювання, хоч у науці вони відіграють не меншу роль.

Певне визнання здобула класифікація наукових теорій на кількісні і якісні, залежно від місця логічних форм їх вираження. Кількісними вважають найбільш математично опрацьовані теорії, які мають у своїй основі певну математичну формулу. До якісних зараховують науково не завершені, логічно і математично не опрацьовані теорії. Попри певну вмотивованість такої класифікації, поділ наукових теорій на кількісні і якісні надто відносний, оскільки важко встановити, де закінчується якісна теорія і починається кількісна. Адже кількісна характеристика предметів,

явищ дійсності не віддільна від якісної, і навпаки. Тому з'ясування якісних характеристик об'єктів теорії здебільшого відбувається одночасно з пізнанням їх кількісних параметрів, які, однак, не завжди піддаються математичному опрацюванню.

Подібним, до класифікації за кількістю-якістю є виокремлення формалізованих і неформалізованих теорій залежно від доступності для математичного опрацювання. Найсуттєвіша вада цього поділу полягає в тому, що цілком формалізованих теорій не існує. Крім того, вона не позбавлена властивих іншим класифікаціям недоліків.

Наукові теорії класифікують і. залежно від панівного при їх формуванні методу або логічного засобу дослідження, що певною мірою вплинули на їх зміст. На цій підставі теорії поділяють на три групи:

1. Порівняльні теорії. Під час їх формування переважає порівняльний метод дослідження, за допомогою якого відбувалося розкриття, сутності явищ дійсності, вивчення історії або теорії однотипних явищ. Цей метод забезпечує вивчення об'єктів пізнання шляхом порівняння їх окремих властивостей із відповідними властивостями однотипних явищ або різних етапів того самого явища. Оскільки порівняння можливе на різних щаблях розвитку явищ, його ще називають історичним.

Особливо важливу роль порівняльний метод відіграє на початкових етапах формування теорії, коли необхідно узагальнити і систематизувати емпіричний матеріал, або в процесі формування теорій, які ще не досягли високого ступеня зрілості і розробленості. Такими, як правило, і. є порівняльні теорії. Значного поширення вони набули у соціальній сфері при вивченні історичних явищ, де вони дають змогу теоретично відновити давно минулі події і процеси, не доступні безпосередньому спостереженню. Часто їх застосовують також у мовознавстві, інших науках,

2. Аналітичні теорії. Стосуються порівняно невеликої області

дійсності або певної її частини, конкретного аспекту, виділяючи й абстрагуючи їх від інших. Завдяки цьому аналітичні теорії формують досить глибокі закономірності. Найпоширеніші в конкретних науках.

3. Синтетичні теорії. Належні до цієї групи теорії особливо розвинуті, обґрунтовані, змістовні, повні. Як правило, вони підсумовують всю сукупність знань про явища. У природничо-науковій сфері такою є теорія відносності, створена на основі всіх досягнутих фізичних і математичних знань, які стосуються матерії, руху, простору і часу.

На сучасному етапі, коли наука проникає в найглибшу сутність матеріального і духовного світу, охоплює раніше не доступні для пізнання сфери дійсності, коли відбувається інтенсивний процес інтеграції наук і наукових теорій, синтетичні теорії високого класу виникають не тільки всередині кожної науки, а й на їх межах.

Класифікація наукових теорій має певною мірою умовний характер. Належність теорії до того чи іншого типу визначається переважанням відповідних методів наукового дослідження. Водночас кожна з теорій, як правило, використовує всю наявну в науці на конкретний період її розвитку сукупність засобів пізнання.

3.2.4 Місце теорії в наукових дослідженнях

У широкому розумінні *теорія* (від гр. θεωρία — спостереження, споглядання, дослідження) означає комплекс поглядів, уявлень, ідей, спрямованих на тлумачення і пояснення певних явищ. Таким чином, теорія - це найвища форма узагальнення і систематизації знань. Вона включає в себе всю сукупність абстрактних пізнавальних образів-уявлень, ідей, понять, концепцій, які обслуговують практичну діяльність людей. Теорія виростає з практики і необхідна їй, а практика, у свою чергу, організується і спрямовується теорією. Поряд із наведеним тлумаченням теорії у широкому розумінні є сенс говорити також про теорію як систему

вірогідних наукових знань, про сукупність об'єктів, що описує, пояснює і передбачає явища у певній предметній галузі (економіці, історії, географії тощо).

Всі твердження та поняття теорії розподіляються на 2 групи; перша (нечисленна) — охоплює *фундаментальні* закони та властивості об'єктів, які вивчає теорія (вони мають назву принципів, постулатів та аксіом), а друга — об'єднує похідні поняття і твердження, що є логічними наслідками перших та іменуються *теоремами*.

Є кілька різних підходів до визначення суті теорії: гносеологічний, логічний, методологічний.

Гносеологія (від гр. γνωστε — знання і λογος — вчення) — це теорія пізнання, що досліджує вихідні умови і загальні основи будь-якого дослідження. По суті вона є узагальненням результатів багатовікової історії, у процесі якої предметно-практична і духовна діяльність людини розширювала горизонт пізнання явищ у природі, суспільстві, мисленні.

Методологія (від гр. μεθοδος — шлях, спосіб пізнання, дослідження та λογος — вчення) — наука про структуру, логічну організацію, методи та засоби діяльності. Вона дає змогу усвідомити природу, принципи і методи, що лежать в основі пізнання дійсності та відтворення її в мисленні.

При розробці теорії визначальну роль відіграють такі моменти (етапи) наукового пошуку: виникнення ідей; формулювання принципів, законів, закономірностей, категорій; узагальнення наукових фактів; використання аксіом; висунення гіпотез; доведення теорем.

Ідеї виникають на основі практики і змінюються у міру розвитку суспільного буття. **Наукова ідея** являє собою нове, нетрадиційне пояснення явищ. Вона базується на вже накопичених знаннях і розкриває раніше не помічені закономірності. Народження ідей, власне, і становить механізм пізнання. У теорії ідея виступає як вихідна думка, що об'єднує поняття і міркування в цілісну систему. У процесі розробки Ідеї,

узагальнення наукових фактів, визначення системи зв'язків та співвідношень між досліджуваними явищами формується наукова гіпотеза.

Гіпотеза (від гр. *υποθεσις* — основа, припущення) — форма наукового знання, основою якого є припущення про природу речей і явищ або про причини і закономірності, що їх зумовлюють. Гіпотеза є важливим елементом процесу пізнання дійсності. Вона необхідна досліднику тоді, коли набуті раніше знання не забезпечують розуміння сутності предмета, що вивчається, проте подальше його пізнання не можливе без хоча б якогось уявлення про цю сутність. Послідовність виникнення та розвитку гіпотез така.

Спершу робиться певне припущення, яке випливає з результатів споглядання за предметом або явищем та нерозривно пов'язане зі старою системою знань. Потім це припущення стає підставою для побудови системи (моделі) та формулювання висновків. Останній етап роботи з гіпотезою — перевірка її правильності та зроблених з неї висновків, порівняння з сумою накопичених раніше знань. Гіпотеза може бути вірною або хибною, тому вона завжди має певний ступінь імовірності.

До гіпотези висуваються певні вимоги, зокрема вона:

- 1) повинна підлягати дослідній перевірці;
- 2) має стосуватись якомога ширшого кола явищ;
- 3) повинна передбачати ще невідомі явища;
- 4) має бути логічно побудованою.

Якщо гіпотеза підтверджується, вона перетворюється на теорію або закон.

Закон — це логічне, формалізоване та чітко сформульоване співвідношення між явищами об'єктивної дійсності, що характеризується як необхідне, істотне, стійке, повторюване та загальне. Формулювання закону є одним із щаблів у пізнанні людиною навколишнього світу, його сутності, єдності та взаємозв'язку. Але слід розуміти, що закон є досить

абстрактним формулюванням, яке не може охопити всього різнобіччя дійсності. Конкретне явище завжди багатше, ніж закон. Водночас закон, нівелюючи індивідуальні, випадкові властивості та зв'язки, дає змогу людині охопити внутрішню сутність предметів і явищ.

Похідним від закону є поняття **закономірності**, певної впорядкованості подій, відносної постійності головних детермінуючих факторів. Іноді закономірності розглядають як сукупний результат дії багатьох законів. Можна також підходити до визначення цього поняття гносеологічне: закономірність як певна залежність між речами у процесі розвитку знань та набуття людиною конкретних і повніших відомостей переходить у категорію більш високого рівня — закон.

Принцип (від лат. *principium* - початок, основа) за своєю сутністю є початком, базою, він лежить в основі певної сукупності фактів, теорій, наук. Будь-яка теоретична система знань ґрунтується на взаємопов'язаних принципах, основоположними з яких є принципи розвитку, збігу начала і самого принципу та ін. Зазвичай розрізняють *принцип буття* — те, що лежить в основі дійсності, і *принцип пізнання* — те, що покладено в основу розуміння, вивчення цієї дійсності. Принцип, таким чином, є центральним поняттям, основоположною ідеєю, яка формує всю систему знань та субординує її.

Важливими складовими знання є теореми і аксіоми — твердження про сутність і зв'язки предметів та явищ, що відрізняються характером дії і необхідністю теоретичного доведення»

Аксіома (від гр. *ἀξίωμα* — значуще, гідне, прийнятне положення) — це твердження певної теорії, яке при її деструктивній побудові приймається без доведення як вірне вихідне положення та кладеться в основу доведення інших тверджень. Зазвичай це відомі та очевидні істини, правильність яких підтверджена практикою.

Аксіоми, як правило, повинні:

- а) бути достатніми для виведення всіх інших тверджень теорії;
- б) не виводитись з інших аксіом;
- в) широко використовуватись для доведення теорем.

Теорема (від гр. θεωρημα — розглядаю, досліджую) — це положення чи твердження, істинність яких встановлюють шляхом доведення (доказу), заснованого на аксіомах або доведених раніше положеннях.

Як і весь процес пізнання, теорема, аксіома, закон, закономірність, гіпотеза, ідея, тобто всі складові загальної системи знань, оперують однозначно визначеними категоріями. *Категорія* (від гр. κατηγορια, — вислів, вираз) є формою мислення, яка відображає універсальні властивості та співвідношення об'єктивної дійсності. По суті, категорії — це спосіб засвоєння конкретного і пізнання ще не виявлених і не усвідомлених елементів дійсності.

3.2.5 Методологія теоретичних досліджень

Методологічною основою теоретичних досліджень є творчий процес. Творчість полягає у створенні нових цінностей, установленні невідомих науці фактів, створення досі не бачених, цінних для людства інформаційних даних.

Спростувати існуючі або створити нові наукові гіпотези надати ґрунтовне глибоке пояснення процесів або явищ, що раніше були незрозумілими або слабовивченими, зв'язати воедино різноманітні явища, тобто знайти стрижень досліджуваного процесу, науково узагальнити немалу кількість дослідних даних — усе це неможливо без теоретичного і творчого осмислення.

Процедура творчості вимагає удосконалення вже добре відомого вирішення. Удосконалювання ж є процесом переконструювання об'єкта мислення у оптимальному напрямку. Коли переробка досягає межі, що

визначена поставленою раніше метою процес оптимізації припиняється, створюється продукт розумової праці. У теоретичному аспекті — це гіпотеза дослідження, тобто наукове передбачення.

За певних умов власне удосконалювання призводить до оригінального теоретичного вирішення тієї чи іншої проблеми. Оригінальність виявляється у своєрідній, неповторній точці зору на певний процес або явище.

При розробці теоретичних аспектів наукового дослідження творчий характер мислення полягає у створенні нових уявлень. Абсолютно нові уявлення утворюються шляхом комбінування відомих елементів. Такий підхід базується на наступних прийомах:

- доборі та узагальненні інформації;
- постійному зіставленні, порівнянні, критичному осмисленні отриманої інформації;
- чіткому формулюванню власних думок, їх письмовому викладі;
- удосконалюванню та оптимізації власних положень.

Послідовність проведення теоретичних досліджень має декілька стадій. На першому етапі потрібно ретельно ознайомитися з добре відомими та апробованими рішеннями тієї чи іншої конкретної проблеми. На наступному етапі дослідник-теоретик повинен відмовитися від відомих засобів розв'язання аналогічних до тих, що він розв'язує, задач. Далі впроваджуються різноманітні варіанти вирішення проблеми. І на закінчення — власна оригінальна методика вирішення.

Заздалегідь, за наміченим планом, не завжди вдається провести точне вирішення завдання. Іноді оригінальна процедура розв'язування з'являється "зненацька, раптово", після, здавалося б, тривалих і безплідних спроб. Тому, чим більшою кількістю відомих (типових, шаблонних) рішень оперує науковець, тим вище ймовірність досягнення ним оригінального вирішення тієї чи іншої проблеми. Вирішення завдання виникають у

фахівців з суміжних галузей науки, на яких "не тисне" вантаж відомих рішень. За своєю суттю, наслідком творчого процесу є зміна наших звичайних поглядів на загальновідомі явища з позицій абсолютно нового наукового підходу. Чим більше сил, праці, часу витрачає науковий робітник на постійне "осмислення" об'єкта дослідження, тобто чим глибше науковець захоплений дослідницькою роботою, тим частіше він досягає конкретного результату.

Результат досліджень буває не завжди позитивним (не завжди досягнутою буває остаточна мета дослідження). Але той шлях, що був здоланий фахівцем у процесі вирішення тієї чи іншої проблеми, вже, у певному сенсі, є самим результатом творчого пошуку. Наприклад, не викликає сумніву той факт, що не існувало дотепер епохи, коли б фізики (фахівці з особливим математичним складом розуму) не містифікували б сучасників своєю абстрактною мовою. Починаючи з часів становлення квантової теорії (перша половина двадцятих років XX ст.), сучасна фізика здійснюлася на такі терени, що досить велика кількість спеціалістів вже не може розібратися у теоретичних роботах за своєю власною "фізичною" спеціалізацією. Не є нормальним і те, що спостерігати та вимірювати повинна одна група фахівців — "експериментатори", а обмірковування результатів є проблемою інших експертів — "теоретиків". У такому контексті задача розробки "універсальних" сучасних посібників та підручників і для студентів, і для "зрілих" фахівців — це одна з загальних проблем як природничих наук (фізики, хімії, біології тощо), так і гуманітарних (педагогіки, психології, історії та ін.).

Висвітлення основних концепцій, законів та понять сучасної квантової теорії твердого тіла, завдяки її чіткій та ієрархічній будові, у цьому сенсі викликає особливі труднощі. Більш абстрактні розділи теорії та методи розрахунків виглядають досить безглуздими та незрозумілими доти, доки не осмислені та не освоєні попередні стадії. Нові загальні

положення практично не замінюють попередні емпіричні закономірності та наближення. Тобто не існує прямого шляху одразу до верхівки "піраміди". Навіть такий наочний образ процесу пізнання, як перебирання руками та ногами у процесі плавного та послідовного підйому угору, є невдалим. Скоріш за все, сучасна наукова теорія (наприклад, квантова) нагадує "зіккурат" — фараонівську піраміду зі щаблями з неймовірно високими та крутими уступами, які обов'язково необхідно здолати, щоб вільно рухатися по наступному плато абстракції. Розумовий скачок угору для кожного з виникаючих бар'єрів потребує таких самих зусиль, як, наприклад, оволодіння диференціальним численням, або евклідовим методом у геометрії.

Але навіть тоді, коли студент закінчив свою освіту і стає активно діючим науковцем, викладачем, інженером, він стикається в літературі з безліччю таємничих абстрактних символів та понять. Наприклад, для спеціалістів-фізиків такими стають оператори поля, діаграми Феймана, функції Гріна та ін. Тобто на їх шляху постають конкретні (і не останні) бар'єри невідомого. Хоча означені цими термінами ідеї не завжди тісно пов'язані між собою математично, водночас використання їх у багатьох різних областях фізики веде до того, що цей наступний щабель видається більш крутим та більш високим ніж ті, що вже здолані. Тому не дивно, що фізики, які не є спеціалістами у математичній теорії, відмовляються від нового "сходження", незважаючи на очевидну цінність того, що вони вже здатні миттєво помітити нове зерно у хмарах невідомого.

Успішне здійснення теоретичних досліджень залежить не лише від кругозору дослідника, його наполегливості та цілеспрямованості, але й від того, якою мірою він володіє методами дедукції та індукції.

Дедуктивний метод — це такий засіб дослідження, при якому часткові положення виводяться з загальних. Індуктивний — це засіб дослідження, при якому по часткових фактах і явищах устанавлюються

загальні принципи і закони. У процесі проведення теоретичних досліджень використовують як індукцію, так і дедукцію. Гіпотеза наукового дослідження, як правило, ґрунтується на відповідності загальним законам діалектики та природознавства (дедуктивний підхід). Водночас гіпотезу формують на основі окремих фактів (індукція).

Особливу роль у теоретичних дослідженнях відіграє аналізування та синтез. Аналіз — це такий засіб наукового дослідження, при якому конкретне явище розчленовується на складові частини. Синтез є протилежним до аналізу. Він полягає у проведенні досліджень тих чи інших явищ в цілому, на основі об'єднання пов'язаних один з одним елементів у єдине ціле. Синтез дозволяє узагальнювати поняття, закони, теорії.

Методи аналізу та синтезу взаємно пов'язані. У наукових дослідженнях їх використовують однаково часто. При аналізі явищ і процесів виникає потреба у маніпулюванні великою кількістю фактів (ознак). Тут важливо навчитися та уміти виділяти головне. У цьому випадку може бути застосований засіб ранжирування, за допомогою якого виключають усе другорядне, що не впливає істотно на аналізоване явище.

Досить часто при проведенні теоретичних досліджень широко застосовується такий засіб, як абстрагування, тобто нехтування другорядними ознаками (фактами) з метою зосередитися на найважливіших особливостях досліджуваного об'єкту, предмету, явища.

У деяких випадках використовується формальний підхід, сутність якого полягає в тому, що основні теоретичні положення тих чи інших процесів або явищ надаються у вигляді формул з використанням спеціальної формальної (часто, математичної) символіки. Застосування символів та інших різноманітних (добре відомих, або оригінальних символічних систем) дозволяє встановити певні закономірності між такими фактами, які начебто не пов'язані між собою.

У процесі проведення теоретичних досліджень застосовується як логічний, так і хронологічний (історичний) методи. Логічний метод містить у собі гіпотетичний та аксіоматичний підхід. Гіпотетичний підхід ґрунтується на розробці гіпотези, тобто наукового припущення, що містить елементи новизни та оригінальності.

Найчастіше на початку проведення наукових досліджень, впроваджується розробка так званої робочої гіпотези (тобто, ще ніяким чином необґрунтованої гіпотези). Як правило, основна вимога до робочої гіпотези — достатньо повніше пояснити явища та процеси, які досліджувалися експериментально та відповідають загальним законам діалектики й природознавства. Такий гіпотетичний підхід широко застосовується і є найбільш поширеним у прикладних науках. Тут гіпотеза складає суть, методологічну основу, теоретичне передбачення, стрижень теоретичних досліджень. Гіпотеза, у такому підході, є керівною ідеєю власне всього дослідження, вона визначає напрямок і обсяг теоретичних розробок.

Найбільш чітко і повно сформулювати робочу гіпотезу досить важко тому, що від того, яким чином сформульована гіпотеза, залежить ступінь її наближення до остаточного теоретичного вирішення проблематики, тобто, трудомісткість та тривалість теоретичних розробок. Успіх залежить від повноти зібраної інформації, глибини її творчого аналізу, цілеспрямованості методичних висновків за результатами аналізу, чітко сформульованих цілей і задач дослідження, досвіду та ерудиції науковця.

На стадії формулювання гіпотези теоретичну частину необхідно розчленити на окремі, більш конкретні, питання, що дозволить спростити їх проробку. Основою для проробки кожного питання є теоретичні дослідження, виконані різноманітними авторами. Науковець, базуючись на результатах глибокого професійного та критичного аналізу, а також формулюючи (у разі потреби) свої пропозиції, розвиває існуючі теоретичні

уявлення або пропонує нові, що є більш раціональними у теоретичному вирішенні проблеми.

Слід зауважити, що гіпотетичний підхід не завжди був універсальним методом наукових досліджень. Наприклад, як відзначає С.І.Вавілов, Ісаак Ньютон скептично дивився на гіпотези і тому практично ніколи не користувався гіпотетичним методом. С.І.Вавілов вбачає, що суттєвий вплив на науковий метод досліджень такого геніального фізика, як Ньютон, належить його вчителю професору Ісааку Барроу.

Але в останні часи все більшого значення набувають дослідження з питань прогнозування, економічного обґрунтування, організації виробництва, що відбиває комплексний характер складних систем. Оптимізація структури підприємств, інформаційні та інші керувальні процеси займають головне місце саме в тих дослідженнях, які обумовлені використанням ЕОМ.

Логічний та хронологічний підходи поєднані між собою тому, що кожне конкретне знання, що отримане за допомогою логіки, повинно розглядатися в історичному аспекті.

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

- вивчення фізичної, хімічної, економічної та ін. сутності досліджуваного явища за допомогою описаних вище засобів пізнання;
- формулювання гіпотези й упорядкування розрахункової схеми (моделі) дослідження;
- вибір математичного методу дослідження моделі і її вивчення;
- аналіз теоретичних досліджень і розробка теоретичних положень.

Визначення фізичної, економічної та ін. сутності досліджуваного явища (або процесу) складає основу теоретичних розробок. Результатом такого дослідження повинно бути багатобічне висвітлення суті процесу,

яке базується на конкретних законах фізики, хімії, біології, політекономії тощо. Для цього дослідник повинен визначити класичні закони природничих та гуманітарних (суспільних) наук і вміти їх використовувати стосовно до ро-гіпотези наукового дослідження.

Ґрунтом для аксіоматичного методу є очевидні положення (аксіоми), прийняті без доказу. За цим методом теорія розробляється на основі дедуктивного принципу. Більш широке поширення такий підхід має у теоретичних науках (наприклад, математиці).

Хронологічний (історичний) підхід дозволяє досліджувати виникнення, формування та розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності. Основна мета такого дослідження полягає у виявленні внутрішніх та зовнішніх зв'язків, закономірностей, протиріч. Такий метод дослідження використовується переважно у гуманітарних (наприклад, соціальних, суспільних) і, головним чином, в історичних науках. У прикладних науках історичний метод застосовується при вивченні основних етапів розвитку та формування тих або інших галузей науки і техніки.

На початковому етапі визначення сутності тих чи інших процесів (фізичної, економічної тощо) виступають спостереження. Будь-який процес залежить від багатьох чинників. Кожне спостереження або вимір фіксує лише деякі чинники. Для того, щоб найбільш повно зрозуміти той чи інший процес, необхідно провести досить велику кількість спостережень та вимірювань, тобто сформувати певну базу даних.

На наступному етапі необхідно виділити головне, і лише потім провести наукові дослідження певних процесів або явищ, вживаючи сформовану та систематизовану, на першому етапі, інформацію. Систематизація даних дозволяє "згустити їх" у таке абстрактне поняття, як "модель". Під моделлю розуміють штучну систему, що відбиває основні властивості досліджуваного об'єкта — оригіналу. Модель — це

відображення у зручній формі багаточисельної інформації про досліджуваний об'єкт. Модель знаходиться у певній відповідності з об'єктом дослідження, може замінити його у процесі проведення досліджень.

Процедура моделювання дозволяє вивчати явища за допомогою моделей, і на сьогодні така процедура є однією з основних у сучасних дослідженнях.

Розрізняють фізичне та математичне моделювання. У процесі фізичного моделювання фізика явищ у досліджуваному об'єкті та моделі, в їх математичних залежностях однакові. При математичному моделюванні фізика явищ моделі та об'єкту відрізняються, але математичні залежності залишаються однаковими. Математичне моделювання набуває особливої цінності, коли виникає необхідність вивчити дуже складні процеси. Наприклад, сучасну субатомну фізику неможливо уявити собі без математичного моделювання.

У процесі розбудови моделі і властивості, і самий об'єкт дослідження звичайно спрощують (узагальнюють). Чим ближче модель до оригіналу, тим краще вона описує об'єкт, тим ефективнішими є теоретичні дослідження і тим ближче отримані результати до прийнятої гіпотези дослідження.

За типом моделі розділяють на фізичні, математичні та природні.

Фізичні моделі дозволяють наочно ілюструвати саме ті процеси, що мають місце у природі. За допомогою таких моделей можна вивчати вплив окремих параметрів на певний фізичний процес.

Математичні моделі дозволяють кількісно досліджувати явища, що важко піддаються вивченню за допомогою фізичних моделей.

Природні моделі уявляють собою змінені за масштабом об'єкти дослідження. Це дозволяє найбільш повно досліджувати процеси, що протікають за природними умовами.

Очевидно, що стандартних рекомендацій на вибір та побудову моделей не існує. Головне, що модель повинна відбивати суттєві явища того чи іншого процесу. Дрібні чинники, зайва деталізація, другорядні явища тощо, лише ускладнюють модель, утруднюють проведення теоретичних досліджень, роблять їх громіздкими, нецільовими. Тому модель повинна бути оптимальною за своєю складністю, бажано наочною. Але, головне модель повинна бути достатньо адекватною, тобто, описувати закономірності досліджуваного явища з необхідною точністю.

Щоб побудувати оптимальну модель, необхідно мати глибокі та всебічні знання не лише за темою дослідження чи у суміжних галузях, але й добре володіти практичними навичками з певних аспектів досліджуваної задачі.

Іноді достатньо обмежитися використанням моделі досліджуваного явища у якості інформаційної бази сутності об'єкту.

Часто розбудувати фізичну модель того чи іншого явища провести її математичний опис неможливо. У такому випадку ефективним є гіпотетичний підхід, тобто, треба сформулювати робочу гіпотезу, наочно проілюструвати її графіками, таблицями, припустити й оцінити результати, що можна отримати на основі цієї гіпотези, спланувати і провести науково-дослідну роботу.

Аналіз різноманітних фізичних та економічних моделей багатьох досліджуваних процесів проводять за допомогою математичних методів, що можуть бути розділені на основні групи, а саме:

- аналітичні методи дослідження (елементарна математика, диференціальні та інтегральні рівняння, варіаційне числення та інші розділи вищої математики), що використовують для вивчення безперервних детермінованих процесів.

- методи математичного аналізу з використанням експерименту (метод аналізу, теорія подібності, метод розмірностей) та ін.

За допомогою аналітичних методів визначають математичну залежність між параметрами моделі. Ці методи дозволяють глибоко та всебічно вивчати процеси, встановити точні кількісні зв'язки між аргументами та функціями, проаналізувати досліджувані явища. Аналітичні залежності дозволяють, на основі функціонального аналізу рівнянь, вивчати процеси в загальному вигляді, що є математичною моделлю певного класу конкретних процесів.

Математичну модель можна завдати за допомогою функціонального співвідношення, у вигляді системи алгебраїчних рівнянь, диференціальних або інтегральних рівнянь. Такі моделі звичайно містять велику кількість інформації. Характерною рисою математичних моделей є те, що вони можуть бути перетворені за допомогою математичного апарату. Так, наприклад, функціональні залежності можна спрощувати, використовуючи алгебраїчні перетворення; диференціальні або інтегральні рівняння можна вирішити. У результаті дослідник одержує нову інформацію про функціональні залежності та властивості моделей.

Використання математичних моделей є одним з основних методів сучасного наукового дослідження. Але цей підхід також має істотні хиби. Для того, щоб з усього класу знайти конкретне рішення, властиве лише даному процесу, необхідно завдати умови однозначності. Встановлення граничних умов потребує проведення достовірного модельного експерименту та ретельного аналізу експериментальних даних. Неправильне визначення граничних умов призводить до того, що проводиться теоретичний аналіз не того процесу, який був запланований, а вже зміненого.

Крім зазначених недоліків аналітичних методів, у багатьох випадках не завжди можливо, або взагалі неможливо, або надзвичайно важко відшукати кінцевий аналітичний вираз з урахуванням умов однозначності, що найбільше відображають реально фізичну сутність досліджуваного

процесу. Іноді, досліджуючи складний фізичний процес з добре обґрунтованими граничними умовами, спрощують вихідні диференціальні рівняння через неможливість або надмірну громіздкість їх вирішення, що спотворює його фізичну сутність. Таким чином, дуже часто реалізувати аналітичні підходи досить складно.

Експериментальні методи дозволяють глибоко вивчати ті чи інші процеси в межах певної точності, що визначається технікою експерименту і сконцентрувати увагу саме на тих параметрах процесу, що складають найбільший інтерес дослідника. Проте, результати конкретного експерименту не можуть бути поширені на інший процес, навіть близький за фізичною сутністю, тому що результати будь-якого експерименту відбивають індивідуальні особливості лише досліджуваного процесу. З експерименту ще неможливо остаточно встановити, які з параметрів визначають вирішальний характер процесу і як буде протікати процес, якщо змінювати різноманітні параметри одночасно. У процесі проведення експерименту кожний конкретний процес повинен досліджуватися конкретно, самостійно. У кінцевому рахунку експериментальні методи дозволяють встановити конкретні (а не загальні) залежності між окремими параметрами у конкретно визначених межах. Аналіз параметричних характеристик за тими межами, що визначені експериментально, може призвести до перекручування аналітичних залежностей, грубих помилок.

Таким чином, і аналітичні, і експериментальні методи мають свої переваги та хиби, що часто ускладнює ефективне вирішення практичних завдань. Тому надзвичайно плідним є сполучення позитивних сторін як аналітичних, так і експериментальних методів дослідження.

Явища, процеси вивчаються не ізольовано один від іншого, а комплексно. Різноманітні об'єкти з їх специфічними характеристиками об'єднують у групи, що характеризуються єдиними законами. Це дозволяє поширити аналіз одного явища на інші явища.

Підводячи підсумок, можна зазначити, що розробка теоретичних наукових досліджень базується на наступних етапах-розділах: 1) вивчення фізичної, економічної та ін. сутності процесу або явища; 2) формулювання гіпотези дослідження, вибір, обґрунтування та розробка фізичної, математичної, економічної та ін. моделі; 3) математизація моделі; 4) аналіз теоретичного рішення та формулювання висновків теоретичного дослідження.

Очевидно, що структура проведення теоретичного дослідження може бути іншою. Наприклад, якщо неможливо провести математичний аналіз процесу (явища), тоді формулюють робочу гіпотезу за допомогою слова, використовуючи при цьому ілюстрації, графіки, таблиці та ін. Але при цьому, однак, з необхідною обов'язковістю постає питання застосування математичного апарату щодо розробки висунутих гіпотез та інших наукових припущень.

3.2.6 Дослідна стадія науково-дослідного процесу

Дослідна стадія науково-дослідного процесу, як і організаційна, має кілька етапів (рисунок 3.2).

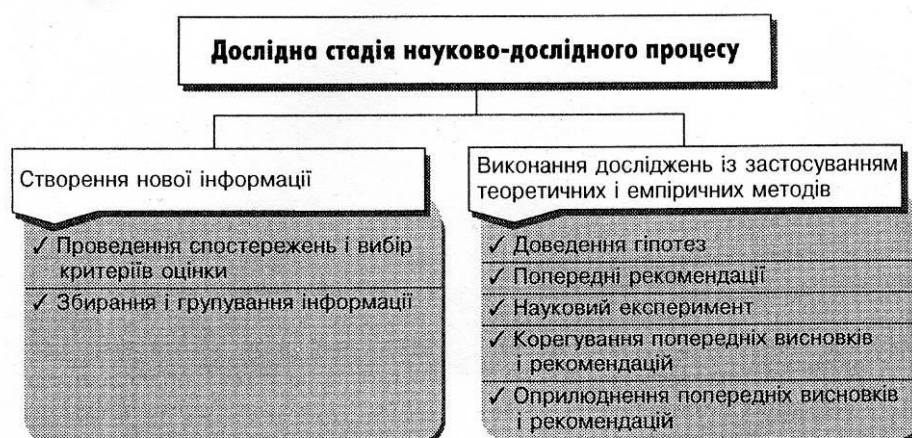


Рисунок 3.2 – Дослідна стадія науково-дослідного процесу.

Створення нової інформації відбувається в результаті проведення спостережень, експериментів та інших видів досліджень, спрямованих на отримання первісної інформації про об'єкт. При цьому передбачається паралельне вивчення процесів і явищ, що можуть впливати на стан об'єкта дослідження. Таке вивчення теми дає змогу виявити позитивні й негативні чинники впливу та визначити критерії їх оцінки.

Отриману інформацію про об'єкт та супутні процеси та явища збирають і групують для подальшого перетворення згідно з метою дослідження.

Нову інформацію про об'єкт можуть постачати джерела первісної та вторинної інформації. Це відбувається в тому випадку, коли дані, що були отримані раніше з іншою, не пов'язаною з конкретним дослідженням метою, перетворюються або опрацьовуються таким чином, що стають придатними для використання у вирішенні нового завдання.

Методів створення нової інформації про об'єкт є величезна кількість; більшість з них — конкретно-наукові методи, тобто такі, які застосовують тільки в певній галузі науки та за певних умов проведення досліджень і характеристик об'єкта вивчення, наприклад метод максимального тиску в бульбочці для вимірювання поверхневого натягу під час вивчення та дослідження фізико-хімічних властивостей матеріалів або вібраційний метод для визначення в'язкості рідини. Такі спеціальні або специфічні методи розглядати детально немає потреби, їм присвячено спеціальну літературу з певних галузей знань. Зауважимо тільки, що велика кількість способів втримання нової інформації про об'єкт у природних науках заснована на різноманітних методах вимірювання, рахування та спостереження. У суспільних науках — спостереження та документалістики.

Зібрану нову інформацію про об'єкт групують і опрацьовують таким чином, щоб мати можливість використовувати її в подальших процедурах згідно з метою роботи.

Етап *виконання досліджень з використанням теоретичних і емпіричних методів* дослідної стадії науково-дослідного процесу починається з доведення гіпотези, що, власне, і є сенсом і метою дослідної стадії.

Шлях до гіпотези пролягає через ідеї — думки, що досягли найвищого ступеня об'єктивності, повноти і конкретизації і одночасно спрямовані на практичну реалізацію. Вони не виникають на пустому місці, їм передують базисні знання, наукові відкриття, винаходи, вивчення досвіду та результатів досліджень вітчизняних і закордонних колег. За підрахунками американських учених, на кожен результат НДР, що використовується у виробництві, припадає 8 патентів (авторських свідоцтв), 98 технічно здійснених рішень і 540 ідей, з яких і формується гіпотеза.

Первинні, або попередні, гіпотези в процесі дослідження зазвичай неодноразово аналізуються, критикуються, уточнюються і в результаті стають достовірнішими.

Проведення теоретичних досліджень з метою доведення гіпотези виконується згідно з програмою дослідження, методикою дослідження та робочим планом.

Формулювання *попередніх висновків і рекомендацій* виконується на підставі доведення або, однаковою мірою, спростування гіпотези з урахуванням всіх суттєвих змін, доповнень, уточнень та ін., що сталися в процесі її доведення або спростування.

Перш ніж робити висновки — стислий виклад отриманих результатів — дослідник повинен ще раз перевірити завершеність кожної окремої частини роботи та доказовість аргументації в цілому. Лише після цього

слід формулювати висновки по суті порушеної проблеми, побічних і другорядних питань і питань практичного значення, використання отриманих результатів.

Висновки рекомендується формулювати ретельно, точно, не переобтяжуючи цифровими даними та додатковими окремими викладками, їх обґрунтування повинно міститися в попередньому викладі. Висновки полегшують читачеві оцінку та використання результатів дослідження, а самому виконавцю слугують засобом самоперевірки.

Пропозиції та рекомендації щодо практичного використання висновків у вирішенні конкретного завдання в певних умовах повинні бути перспективними. Тут необхідно враховувати не тільки існуючі умови, а й зміни, що повинні статися найближчим часом. У перспективних роботах, що вирішують великі проблеми, такому прогнозуванню відводять особливе місце. В цьому разі втілення в життя прийнятих на підставі рекомендацій рішень пов'язано з чималими витратами, порушенням ходу великих технологічних процесів тощо. Тому повинні бути передбачені всі необхідні матеріальні та організаційні передумови. У процесі розроблення перспективних пропозицій дослідник повинен найефективніше використовувати історичну частину своєї роботи. Неврахування загальної перспективи розвитку галузі, окремої проблеми стає причиною того, що результати дослідження залишаються нереалізованими. Як і висновки, пропозиції можуть мати і позитивний, і негативний характер (наприклад, відмова від методики планування окремих показників, що використовувалася раніше).

Попередні рекомендації зазвичай завершують теоретичну частину прикладних досліджень. Однак вони можуть завершувати цілком теоретичну роботу і тому мати організаційно-методичний характер.

Висуваючи ті чи інші пропозиції, дослідник визначає їхню ефективність. І тут необхідно не тільки враховувати їхній позитивний

ефект, а й зіставляти його з обсягом пов'язаних з їхнім упровадженням трудових, матеріальних та грошових витрат. Без такої оцінки неможливо визначити ступінь реальності проведення та окупність відповідних заходів. Якщо пропозицію буде прийнято, розрахунок стане основою для планування їх здійснення.

Якщо рекомендується використання однієї з багатьох конкуруючих пропозицій, виконується порівняльний розрахунок ефекту й витрат за кожним варіантом і обирається той, що забезпечує найкращі показники. Розробляючи таке економічне обґрунтування пропозицій, звертають увагу на такі два положення:

1. Поряд із прямим ефектом використання пропозицій враховують і побічний ефект. Наприклад, упровадження нової методики планування або нового технологічного процесу чи нових машин і механізмів може скоротити чисельність планових працівників.

2. Крім економічного ефекту слід визначитися і з іншими його видами. Так, наприклад, удосконалення системи стимулювання праці сприяє закріпленню кадрів. У такому разі розрахунок економічного ефекту повинен поєднуватися з обґрунтованою характеристикою ефекту політичного, психологічного, естетичного тощо. Тут зіставляти витрати з позаекономічним ефектом не можна, оскільки вони виражаються в різних показниках і кінцеве рішення повинно бути прийнято тільки на основі експертних оцінок широкого кола компетентних осіб. Таким чином, дослідник повинен у максимально конкретній формі з повною об'єктивністю виявити і переваги запропонованої ним пропозиції, і її вади.

Наступним кроком є науковий експеримент, тобто емпірична перевірка результатів теоретичної частини дослідження.

Загалом будь-яке експериментальне дослідження, незалежно від його різновиду, — це, так би мовити, дослідження в дослідженні, і воно має

кілька стадій, схожих зі стадіями науково-дослідного процесу в цілому. Передуює плануванню і проведенню експерименту *робота з літературою*. Вона дає змогу уникнути повторення вже проведених дослідів, використовувати сучасні методи, підвищити рівень знань, окреслити реальний план досліджень. Для цього вивчають спеціальну літературу (наприклад, реферативні журнали, каталоги та ін.) і складають повний список публікацій з цього питання. Літературу опрацьовують згідно з таким списком і готують реферати за кожною публікацією, де зазначають мету і зміст дослідження, коротко описують його методику, роблять висновки і посилання на джерела. Реферати на кожную публікацію зазвичай пишуть на окремих стандартних аркушах, щоб у подальшому використати їх для складання огляду літератури, в якому систематизують прочитані джерела, узагальнюють і порівнюють дані вже проведених експериментів, виявляють позитивні й негативні сторони методики і результатів досліджень.

На основі огляду літератури окреслюють експерименти, що раніше не були описані, і готують методику експерименту

Під *методикою експерименту* розуміють сукупність методів і прийомів, за допомогою яких буде вирішено завдання дослідження. Вона встановлює послідовність проведення спостережень і вимірів, вибір необхідних пристроїв, обладнання, машин, апаратів і в разі необхідності створення унікальних приладів, пристроїв, експериментального обладнання, стендів для розроблення теми дослідження.

Окремо треба відзначити, що виміри є основним складником кожного експерименту. Від ретельності вимірів і наступних розрахунків залежать результати будь-якого експерименту.

Зазвичай процес контролюється за допомогою пристроїв, що виміряють вхідні та вихідні параметри. За цільовим призначенням засоби контролю можна умовно поділити на дві групи: ті, що показують, і ті, що

записують показники процесу. Побудова пристроїв першої групи досить проста, вони легкі в експлуатації, складаються часто тільки з одного приладу зі шкалою. Водночас цими приладами незручно виміряти параметри процесу в динаміці. Побудова пристроїв контролю із записом показників набагато складніша. До них зазвичай належать кілька приладів (датчики, перетворювачі, джерела живлення, підсилювачі, записувачі та ін.), однак з їхньою допомогою можна стежити за зміною параметрів у часі. Тому для короткотермінових досліджень рекомендують використовувати засоби контролю першої групи, а для довготермінових — засоби другої групи. Процес виміру становить знаходження величини за допомогою технічних засобів; це процес порівняння отриманої величини з величиною відомою, прийнятою за одиницю (еталон). Виміри можуть бути прямими, непрямыми, сукупними та спільними.

У *прямих* вимірюваннях шукані (вимірювані) величини визначають у результаті безпосереднього відліку показників приладу або за номінальним значенням (наприклад, вимірювання температури термометром, вимірювання довжини за допомогою лінійки та ін.).

У *непрямих* вимірюваннях невідомі величини визначають прямим вимірюванням кількох величин, функціонально пов'язаних з вимірюваною величиною, та розрахунків за рівнем функціонального зв'язку: $d = f(a, b, c)$, де d — величина, знайдена за допомогою непрямих вимірів; a, b, c — за допомогою прямих вимірів.

Невідомі величини у *сукупних* вимірюваннях визначають вирішенням системи рівнянь, вид яких досліднику відомий і в яких наводяться значення окремих параметрів, знайдених за допомогою прямих вимірювань. Що більше рівнянь, то вища точність.

У *спільних* вимірюваннях дві або кілька неоднорідних величин вимірюють водночас з метою визначення взаємозалежності між ними.

Зазвичай у дослідницькій роботі головним чином використовують сукупні та спільні вимірювання.

Кожне вимірювання, як ретельно би його не виконували, супроводжується деякими помилками (похибками), обумовленими недосконалістю методів вимірювання та конструкції приладів. До того ж іноді дослідник недостатньо враховує вплив умов довколишнього середовища. Розрізняють три класи вимірювань за ступенем точності.

1. *Особливо точні* — еталонні виміри з максимально можливою точністю.
2. *Високоточні* — похибка яких не повинна перевищувати заданих значень. Приклади цього класу точності використовують для контрольно-перевірочних вимірювань приладів, а також у деяких найвідповідальніших експериментах.
3. *Технічні* — вимірювання, у яких похибка визначається особливостями засобів вимірювання.

У практичних розрахунках розрізняють два види похибок: абсолютну та відносну.

Абсолютна похибка — це різниця між виміряним A (що знайдено в результаті вимірювання) та дійсним A_g значенням вимірюваної величини. Абсолютна похибка обчислюється за формулою:

$$\Delta A = A - A_g.$$

Похибка приладу, узятая з протилежним знаком, називається *поправкою*. Для визначення дійсного значення вимірюваної величини необхідно до показання приладу додати поправку (алгебраїчне додавання).

Відносна похибка — це відношення абсолютної похибки до дійсного значення, виражене у відсотках. Обчислюється за формулою:

$$B = \frac{\Delta A}{A_g} \cdot 100.$$

Відносна приведена похибка — це відношення абсолютної похибки до різниці між верхньою $A_{\max}$ та нижньою $A_{\min}$ границями шкали приладу, виражене у відсотках:

$$B = \frac{A}{A_{\max} - A_{\min}} \cdot 100.$$

Найбільшу допустиму відносну похибку називають класом точності приладу і розрізняють два їхні види:

- за абсолютними похибками;
- за відносними похибками.

Клас точності приладу зазначається на його циферблаті. Дослідник повинен бути ознайомлений з вимірювальними приладами, які випускають вітчизняні та закордонні виробники.

Однак далеко не всі галузі людської діяльності уможливають використання технічних приладів і пристроїв для визначення кількісних характеристик процесів та явищ, що в них протікають. Насамперед це стосується суспільних наук, що вивчають об'єкти, основними характеристиками яких є якісні показники. Процедура вимірювання в таких дослідженнях пов'язана з пошуком і використанням таких фактів, які могли б стати кількісною (числовою) характеристикою об'єкта. До таких фактів, зокрема, належать різноманітні предмети, події, ознаки явищ і процесів, а також вчинки, оцінки, судження людей. У соціологічних дослідженнях, де найчастіше використовуються такий вид вимірювань, ці факти називають індикаторами.

Як індикатори доцільно використовувати об'єктивні факти, що підвищує достовірність отриманої інформації. Проте досить часто доводиться користуватися установками, оцінками й судженнями людей, що відображають їхнє ставлення до різних аспектів суспільного життя. Такі індикатори мають суб'єктивний характер, але практика соціологічних досліджень виробила цілу низку підходів до вимірювання установок,

мотивів, навичок, інформованості, реальної поведінки людей, характеристик соціального оточення тощо. Вона базується на понятті *шкали вимірювання*, яка становить характеристики обраного індикатора, розташовані в конкретній послідовності.

Загалом для визначення показників, що характеризують явище чи процес слід вибирати найновіші методи дослідження. Тут необхідно враховувати рівень оснащеності лабораторії сучасними приладами, дефіцитними реактивами тощо. Однак можуть бути заплановані методи, які й раніше використовувалися під час таких досліджень, необхідно тільки перевірити чи відповідають вони сучасному рівню науки та умовам, в яких виконується робота, а також завданням, які повинно вирішити це конкретне дослідження. Метод може бути розроблений і самим експериментатором. Але всі методи, обрані для визначення показників, повинні бути апробовані та освоєні дослідниками до початку проведення експерименту. Під час виконання робіт методика може корегуватися та удосконалюватися. Всі методичні рішення, що ухвалюються під час підготовки та проведення експерименту, потрібно фіксувати. Це робиться у формі інструкцій за окремими методами, об'єктами, етапами дослідження. Ці матеріали періодично переглядають, особливо на початковій стадії виконання робіт коли виявляється найбільша кількість помилок.

Під час відбору методів дослідження треба потурбуватися не тільки про точність і надійність даних, а й про простоту й доступність виконання окремих дослідів та експерименту в цілому.

Наступний етап підготовки експерименту — складання робочого плану його виконання, в якому визначають:

- уточнене формулювання теми;
- загальні та окремі завдання роботи;
- ступінь комплексності;

- етапи роботи з визначенням їхнього обсягу і змісту, об'єктів, методів і техніки їхнього дослідження, трудомісткість і терміни виконання кожного етапу;
- розподілення роботи між виконавцями;
- форма представлення результатів (звіт, стаття, доповідь та ін.).

На цьому етапі дослідник повинен також перевірити забезпеченість подальшої роботи всім необхідним, щоб на відсутні предмети своєчасно подати заявку, зазначити можливі заміни обладнання. Якщо робота може бути виконана за допомогою стандартного обладнання, дослідник повинен взяти участь у його підборі. За необхідності використання нестандартного обладнання треба встановити зв'язок з проектувальниками, конструкторами, виробниками. Досліднику треба по можливості і самому долучитися до процесу проектування, бо саме йому найкраще відомі ті вимоги, яким повинен відповідати результат.

Після цього настає черга *підготовки об'єкта дослідження*. Це досить відповідальна й трудомістка операція. Іноді вона потребує розвідувального дослідження як попереднього етапу глибоких і масштабних експериментальних досліджень. Потреба в цьому виникає особливо в тих випадках, коли необхідна додаткова інформація про предмет і об'єкт досліджень, уточнюється і корегується гіпотеза і завдання, удосконалюється методика тощо.

Проведення виробничих експериментів пов'язано з вивченням заводських або фабричних технологічних процесів, виробничого середовища тощо. Для досконалішого їх вивчення можуть бути проведені додаткові дослідження з метою отримання даних, які не містяться в наявній технологічній або аналітичній інформації про об'єкт. Крім того, для підготовки промислового об'єкта необхідно згідно з методикою оснащувати його дослідницьким устаткуванням, окреслити та обладнати місця відбору параметрів, механізувати та, якщо можливо, автоматизувати

експериментальні роботи, домовитися про регламент проведення досліджень, а також про технічну допомогу.

Під час вивчення явища або процесу в лабораторних і напіввиробничих умовах підготовка об'єкта зводиться до виготовлення фізичної моделі (стенду) на підставі теорії моделювання. Наприклад, лабораторний експеримент, спрямований на оптимізацію технології, потребує виготовлення устаткування, що моделює технологічний процес. Це устаткування за своїм зовнішнім виглядом може бути зовсім не схоже на виробниче обладнання, але воно повинно повністю моделювати технологічний процес. Такі експерименти дають змогу з найменшими витратами, але з високим рівнем достовірності отримати узагальнений дослідний матеріал для вивчення промислових агрегатів, на яких ставити детальні експерименти важко або навіть неможливо.

Для проведення експерименту необхідно створити сприятливі умови праці: зручне розміщення приладів і пристроїв; належне освітлення; доступ свіжого повітря; зручне місце для ведення записів, бажано подалі від джерел води й тепла тощо.

До початку експерименту доцільно провести пробні досліді з метою:

- ознайомлення експериментатора з роботою, практичного оволодіння ним методикою експерименту, методів визначення різних показників;
- перевірки роботи окремих елементів устаткування та апаратури;
- виявлення проміжків часу, необхідних для визначення окремих показників, інтервалів для вимірювання кожної величини та ін.;
- оцінки можливих помилок при визначенні показників, що буде враховано в подальшому експерименті і надасть можливість приділити більше уваги вимірюванню величин, що вносять основний вклад у помилку кінцевого результату.

По закінченні експерименту, а іноді і в процесі його проведення, виконується перевірка відповідності експериментальних даних теоретичним передумовам, тобто саме перевірка гіпотези дослідження і, таким чином, правильності зроблених на її підставі попередніх висновків і рекомендацій і в разі необхідності їх *корегування*.

Основою спільного аналізу теоретичних і експериментальних досліджень є зіставлення висунутої гіпотези з дослідними даними спостережень. У результаті теоретико-експериментального аналізу можуть виникнути три випадки:

1. Встановлено повний чи достатньо повний збіг гіпотези, теоретичних передумов з результатами досліду. При цьому додатково групують отриманий матеріал досліджень таким чином, щоб з нього випливали основні положення розробленої раніше гіпотези, у результаті чого остання перетворюється на доведене теоретичне положення, теорію.

2. Експериментальні дані лише частково підтверджують положення гіпотези, а в тій чи іншій частині суперечать їй. У цьому випадку гіпотезу змінюють і переробляють таким чином, щоб вона найповніше відповідала результатам експерименту. Найчастіше після цього виконують додаткові корегувальні експерименти з метою підтвердження робочої гіпотези, після чого вона також перетворюється на теорію.

3. Гіпотеза не підтверджується експериментом. Тоді її критично аналізують і повністю переглядають. Потім проводять нові експериментальні дослідження з урахуванням нової робочої гіпотези. Негативні результати наукової роботи зазвичай не відкидають, у багатьох випадках вони допомагають отримати правильні уявлення про об'єкти, явища та процеси.

Після виконаного аналізу ухвалюють остаточне рішення, яке формулюють як висновки або пропозиції чи рекомендації. Ця частина

роботи потребує високої кваліфікації, оскільки необхідно стисло, чітко, науково виокремити те нове й суттєве, що є результатом дослідження, дати йому вичерпну оцінку, визначити шляхи подальших досліджень. За однією темою не рекомендується складати багато висновків (не більше ніж 5-10). Якщо ж окрім основних висновків, що відповідають меті дослідження, можна зробити ще й інші, то їх формулюють окремо, щоб не відволікати від конкретної відповіді на основне завдання теми. Усі висновки доцільно поділити на дві групи: наукові та виробничі.

Висновки та рекомендації, зроблені на підставі дослідження гіпотез, що пройшли експериментування та відповідне корегування, *оприлюднюють* як доповіді та повідомлення на семінарах й конференціях, публікації статей за наслідками дослідження окремих питань.

Контрольні запитання і завдання

- 1. Охарактеризуйте етапи створення нової інформації.*
- 2. Формулювання попередніх висновків і рекомендацій.*
- 3. Порядок підготовки і виконання наукового експерименту.*
- 4. Корегування попередніх висновків і рекомендацій за результатами наукового експерименту.*
- 5. Оприлюднення результатів дослідження.*

3.2.7 Завершальна стадія науково-дослідного процесу

Стадія узагальнення, апробації та реалізації результатів дослідження є завершальною стадією науково-дослідного процесу. Схему її виконання наведено на рисунку 3.3.

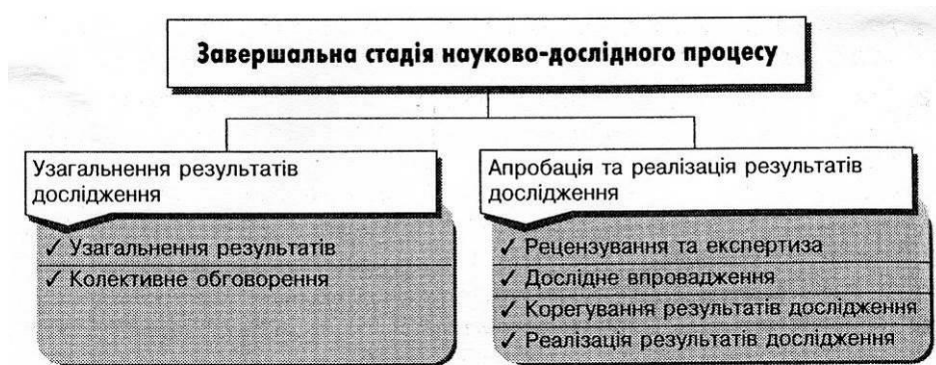


Рисунок 3.3 – Схема завершальної стадії науково-дослідного процесу

На цій стадії провадиться літературний виклад висновків і пропозицій за результатами виконаної роботи; апробація їх у колективі наукової організації, споріднених організацій, наукової спільноти; рецензування та експертиза; дослідне впровадження; корегування, доопрацювання та реалізація кінцевих результатів.

Етап узагальнення та апробації результатів дослідження

Узагальнення результатів дослідження становить літературне викладення результатів дослідження у вигляді звіту про виконану науково-дослідну роботу (НДР), дисертації, монографії, статті, студентські науково-дослідні роботи тощо.

Основною та в більшості випадків обов'язковою формою узагальнення результатів науково-дослідної роботи є звіт. Звіт про НДР є основним документом, у якому викладають вичерпні відомості про виконану роботу. Його складають виконавці роботи. Матеріали звіту повинні бути опрацьовані й систематизовані згідно з метою дослідження. Не слід вміщувати до нього інформацію, що не має прямого відношення до теми і завдань дослідження.

Загальними вимогами до звіту є:

- чіткість побудови;

- логічна послідовність викладення матеріалу;
- переконливість обґрунтування;
- стислість і точність формулювань, що уможливлюють суб'єктивне та неоднозначного тлумачення;
- конкретність викладення результатів роботи;
- доказовість висновків та обґрунтованість рекомендацій. Згідно з ДСТУ 3008-95 "Документація в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення", звіт про НДР повинен містити:
- титульний аркуш;
- список виконавців;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів;
- передмову;
- основну частину;
- перелік посилань;
- додатки.

Титульний аркуш є першою сторінкою звітів і слугує повним джерелом бібліографічної інформації, необхідної для опрацювання і пошуку документа.

Список виконавців вміщують безпосередньо за титульним аркушем. У ньому зазвичай наводять імена або перші літери імен і прізвища авторів, їхні посади, вчені ступені, вчені звання із зазначенням частини звіту, підготовленої конкретним автором.

Якщо звіт виконано одним автором, відомості про нього подають на титульному аркуші.

Реферат повинен стисло відбивати основний зміст НДР і давати читачеві достатнє уявлення про доцільність вивчення всього звіту для отримання інформації, яка його цікавить. У рефераті наводять відомості про обсяг звіту, кількість частин звіту, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків, джерел і подають перелік ключових слів. Текст реферату повинен відбивати подану у звіті інформацію і бажано в такій послідовності:

- об'єкт дослідження або розробки;
- мета роботи;
- методи дослідження та апаратура;
- результати та їхня новизна;
- основні конструктивні, технологічні й техніко-експлуатаційні характеристики та показники;
- ступінь упровадження;
- взаємозв'язок з іншими роботами;
- рекомендації щодо використання результатів роботи;
- галузь застосування;
- економічна ефективність;
- значущість роботи та висновки;
- прогностичні припущення про розвиток об'єкта дослідження або розробки.

Ключових слів (словосполучень), що є визначальними для розкриття суті звіту, повинно міститися не більше ніж 15.

Перелік умовних позначень має містити всі прийняті в звіті малопоширені умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни. Незалежно від цього за першої появи цих елементів у тексті звіту наводять їх розшифровку.

У вступі стисло викладають:

- оцінку сучасного стану проблеми, відзначаючи практично

вирішені завдання, прогалини знань, що існують у цій галузі, провідні фірми та провідних вчених і фахівців цієї галузі;

- світові тенденції вирішення поставлених завдань;
- актуальність роботи та підстави для її виконання;
- мету роботи та галузь застосування;
- взаємозв'язок з іншими роботами.

Наприкінці вступної частини розміщують передмову, якщо її передбачено. У ній подають супровідні нотатки, що пояснюють певні аспекти роботи, простежують історичні умови для цієї роботи тощо.

Далі переходять до викладення суті звіту — відомостей про предмет (об'єкт) дослідження або розробки, які є необхідними і достатніми для розкриття суті цієї роботи (опис: теорії, методів роботи; характеристик і/або властивостей створеного об'єкта; принципів дії об'єкта та основних принципів рішень, що дають уявлення про його устрій; метрологічного забезпечення та ін.) та її результатів. Викладаючи суть звіту, особливу увагу приділяють новизні роботи, а також питанням сумісності, взаємозамінності, надійності, безпеки, екології, ресурсозбереження. Якщо у звіті необхідно навести повні докази (наприклад, математичні — у звітах, що не мають безпосереднього відношення до предмета математики) або подробиці дослідження, їх вміщують у додатках. Суть звіту викладають, поділяючи матеріал на розділи. Розділи можуть поділятися на підрозділи, пункти і підпункти. Кожен пункт і підпункт повинен містити закінчену інформацію.

Якщо у звіті необхідно навести інформацію про нові аспекти роботи, інтерпретацію або коментар до результатів і причин, на ґрунті яких роблять висновки і рекомендації, у звіт вводять окремий розділ або підрозділи, що можуть мати дискусійний характер. Дискусійні підрозділи можуть також вводитися у розділ, в якому описуються результати роботи.

Завершують основну частину висновки, в яких наводять оцінку отриманих результатів роботи або її окремих етапів (негативних також) з урахуванням світових тенденцій вирішення поставленого завдання; можливі галузі використання роботи; народногосподарську, наукову, соціальну значущість роботи.

На основі отриманих висновків можуть наводитися рекомендації, в яких окреслюють подальші роботи, які вважають необхідними, приділяючи основну увагу пропозиціям щодо ефективного використання результатів дослідження чи розробки. Рекомендації повинні мати конкретний характер і бути повністю підтверджені звітною роботою.

Перелік посилань містить бібліографічні описи в порядку, за яким вони вперше згадуються у тексті. Порядкові номери описів у переліку є номерами посилань в тексті. Бібліографічні описи у переліку повинні відповідати чинним стандартам з бібліотечної та видавничої справи.

У додатках вміщують матеріал, який:

- є необхідним для повноти звіту, але вміщення його до основної частини звіту може змінити впорядковане та логічне уявлення про роботу;
- не може бути послідовно розміщений в основній частині звіту через великий обсяг або способи відтворення;
- може бути вилучений для широкого кола читачів, але є необхідним для фахівців цієї галузі.

У додатках можуть міститися:

- додаткові ілюстрації або таблиці;
- матеріали, які через великий обсяг, специфіку викладення або форму подання не можуть бути внесені до основної частини (оригінали фотографій, мікроафіші; проміжні математичні докази, формули, розрахунки; протоколи випробувань; висновок метрологічної експертизи; копія технічного завдання, програми

робіт, договору чи іншого документа, що замінює технічне завдання; інструкції, методики, опис комп'ютерних програм, розроблених у процесі виконання роботи та ін.);

- додатковий перелік джерел, на які не було посилань у звіті, але які можуть становити певний інтерес;
- опис нової апаратури і приладів, які використовувалися під час проведення експерименту, вимірів та випробувань.

Результати виконаної науково-дослідної роботи можуть бути використані для складання рефератів, написання наукових статей, монографій, дисертацій, підготовки доповідей на наукових конференціях, що дає змогу зробити їх набутком широкої наукової громадськості.

Реферати бувають двох видів: наукові та інформативні.

Науковий реферат — стисле усне або письмове викладення наукової теми (питання), складене на підставі проведеного наукового дослідження, огляду одного або кількох літературних та інших джерел. У ньому зазвичай висвітлюють наукові дослідження, проведені автором реферату, з викладенням поставленої гіпотези, системи доказів, експерименту та здобутих результатів, зазначають наукову новизну та практичне значення цих результатів. Так, науковий реферат, який складає студент під час виконання НДРС, повинен висвітлювати одне з питань теми дослідження, наприклад за літературними джерелами. У ньому слід описати стан об'єкта дослідження, зазначити вади та висловити пропозиції щодо усунення їх. Закінчується реферат резюме — коротеньким висновком з основних положень наукової теми (питання).

Інформативний реферат — коротеньке письмове викладення однієї наукової праці, що висвітлює стисло її зміст. Призначення його полягає в оперативному повідомленні наукових працівників і фахівців про досягнення науки й технічного прогресу. Текст інформативного реферату викладається у такій послідовності: тема, предмет (об'єкт), характер і мета

роботи. У ньому слід зазначити ті особливості теми, які необхідні для розкриття мети та змісту роботи і методу проведення її. Описування методів доцільне в тому випадку, коли вони нові й становлять особливий інтерес для цієї праці.

Тексти рефератів повинні бути стислими і чіткими. Вживають лише ті синтаксичні конструкції, які властиві науковій мові, застосовують загальновідому термінологію. Формули в рефераті подають лише в тих випадках, коли без них неможлива побудова реферату, якщо вони висвітлюють підсумки праці, викладеної в першоджерелі, або суттєво полегшують розуміння дослідження.

Основним і наймасовішим видом друкованої інформації за результатами дослідження є журнальна наукова стаття. Композиція наукової статті ґрунтується на логічному розкритті наукової думки, мотивованому та дозованому розкритті фактів, поєднанні їх у певну систему. Для того щоб композиція статті стала справжнім засобом реалізації творчого наукового результату, автор повинен продумати її план у такій послідовності: заголовок, вступ, основна частина, висновок.

Заголовок — назва статті, що відображає її основну ідею і є важливим елементом її структури. Заголовок повинен бути не тільки змістовним, виразним, а й відповідати змісту статті. Він повинен динамічно висвітлювати події, як це було і під час вибору теми дослідження.

Вступ є свого роду входженням у тему статті, де обґрунтовується актуальність питання способом порівняння нової і релевантної інформації, викладаються коротко історія питання й гіпотеза дослідження.

Основна частина статті — кульмінація твору, де викладається суть досліджуваних явищ, наводиться система доказів наукової гіпотези, не запозиченої з раніше опублікованих праць, а поставленої самостійно в процесі проведення дослідження.

Висновок містить короткий підсумок результату проведеного дослідження, тобто є коротким резюме змісту наукової статті. Це забезпечує чітку логічність і послідовність наукового повідомлення, яке повинно завершуватися резюме про можливість продовження дослідження цієї теми або вона вичерпала себе і необхідне широке впровадження результатів проведеного дослідження.

Розробити універсальний алгоритм роботи над рукописом статті досить важко, що пов'язано зі специфікою та індивідуальністю праці письменника, якою, по суті, і є робота науковця під час підготовки публікації. Однак наведена загальна схема журнальної статті може бути використана автором-початківцем як своєрідний шаблон. До цього можна додати деякі найзагальніші поради, засновані на авторському досвіді низки відомих вчених. У впорядкованому вигляді ці поради зводяться до такого:

1. Скласти робочий план статті, поділивши основну частину схеми-шаблону на 3-5 підрозділів і надавши їм короткі умовні заголовки-рубрики.

2. Згрупувати, опрацювати та вписати у відповідні розділи-рубрики необхідні дані з матеріалів виконаної НДР (звітів, лабораторних журналів, огляду літератури тощо).

3. Провести критичний аналіз і перевірку зібраного матеріалу з метою усунення або обґрунтування знайдених суперечностей або неузгодженості власних результатів і висновків з результатами і висновками інших дослідників.

4. Написати перший, чорновий варіант статті, логічно й послідовно зістикувавши тексти окремих підрозділів і розділів. При цьому слід вилучити частину другорядних матеріалів, якщо вони надмірно збільшують обсяг статті, переобтяжують її фактичним матеріалом або надають їй багатопланового характеру. Ці матеріали можуть бути використані як доробок для іншої статті з цього питання.

5. Провести суто літературне опрацювання чорнового варіанта: досягти гармонійності викладення матеріалу, відповідності визначеному обсягу

статті, усунути вади стилю (вилучити штампи, канцеляризми, жаргонні технічні терміни тощо).

6. Якщо є можливість, дати статті "вилежатися" деякий час, після чого остаточно відшліфувати текст, видрукувати його в 3-5 примірниках.

7. Передати примірник статті рецензентові. Ним може бути науковий керівник студента чи аспіранта або просто досвідченіший колега, визнаний фахівець у цій галузі. Об'єктивно оцінити зауваження рецензента, усунути виявлені ним вади і щодо суті, і щодо форми статті.

8. Оформити остаточний варіант статті. Доповісти про її зміст на засіданні кафедри, на науковому семінарі, науково-технічній раді тощо. У витягу з протоколу такого заслуховування повинно бути зазначено, що стаття не містить матеріалів, які можуть становити предмет винаходу, та відомостей, що не підлягають відкритому опублікуванню.

9. Представити статтю і витяг з протоколу до експертної комісії організації та отримати акт експертизи за встановленою формою.

10. Направити до редакції журналу текст статті та ілюстрації (по 2 примірники), акт експертизи, авторські довідки та супровідний лист (по 1 примірнику).

11. Отримавши з редакції повідомлення про те, що статтю схвалено редакційною колегією і буде опубліковано в К-му номері журналу, доробити статтю за вимогами редакції (наприклад, скоротити обсяг, зменшити кількість малюнків, усунути неточності тощо) і повернути до редакції у встановлений термін.

Це деякі методичні й технічні прийоми роботи над рукописом на основних етапах підготовки наукової статті до публікації. Треба зауважити, що поспішне опублікування "сирої" статті може спричинити у

автора в подальшому відчуття невдоволеності й незручності навіть через багато років. Однак слід уникати і завчасних статей, і зволікання з публікаціями, бо публікація дає пріоритет в авторстві і створює практично необмежену аудиторію для науковця.

Монографія — спеціальне наукове дослідження, присвячене літературному викладенню однієї проблеми. Монографія відрізняється від статті ширшою постановкою проблеми, аргументованістю роздумів, їх доказовістю, посиленням на докази (літературні джерела, показники роботи підприємств та ін.).

Монографія зазвичай має довідковий апарат: список використаної літератури, хронологічний довідник, тематичний або іменний покажчик.

Архітектоніка монографії виражена самостійними структурними підрозділами, які мають заголовки, певну систему кодування таблиць, рисунків, схем та ін. Заголовки і підзаголовки розділів, параграфів повинні мати динамічне викладення матеріалу дослідження. Параграфи в разі потреби поділяють на пункти.

Заголовки структурних частин монографії обов'язково повинні розкривати зміст; їх можна також заповнювати підзаголовком.

Робити висновки після кожної частини розділу, параграфа не обов'язково, а слід наводити коротеньке резюме, яке посилює сприйняття викладеного матеріалу.

Висновок є обов'язковою частиною монографії. У ньому викладають результати дослідження, формулюють проблеми, які потребують подальшої розробки. Наприкінці монографії вміщують список використаної літератури, додатки, умовні позначення та інші атрибути наукового апарату. Література з теми дослідження має пізнавальне значення, тому до списку слід включати статті, які містяться у збірниках наукових записок, звіти із закінчених науково-дослідних тем, виконаних

іншими дослідниками. Ці звіти зазвичай зберігаються в бібліотеці організації, де вони були виконані, і є власністю вузького кола фахівців.

Дисертація за обраною темою дослідження не відрізняється архітектонікою від монографії. Вона має лише інше функціональне призначення.

Дисертація — кваліфікаційна наукова робота в певній галузі знань, яка містить сукупність наукових результатів і положень, висунутих автором для публічного захисту, і засвідчує особистий внесок автора в науку та його здобутки як науковця. Основою дисертації є виконані та опубліковані наукові праці, відкриття або великі винаходи, впроваджені у виробництво машини або технологічні процеси. Для оперативного ознайомлення з основним змістом, результатами, висновками і рекомендаціями автора дисертації складається автореферат, де висвітлюються його внесок у розроблення обраної проблеми, ступінь новизни і практична значущість результатів дослідження.

Розглянуті різновиди наукових праць, літературно узагальнюючі результати виконаного дослідження мають анотацію — коротке викладення змісту статті, реферату, монографії, дисертації. В анотації дається характеристика твору з погляду змісту, призначення, форми та інших особливостей. Відомості про зміст і значення праці, її автора в анотації мають рекомендаційний характер.

Анотація міститься в книжках, брошурах, тематичних планах і рекламних матеріалах, а також у бібліографічних посібниках, друкованих картках. На початку анотації наводиться бібліографічний опис твору.

В анотації зазначають, що нового є в цьому творі порівняно з іншими. У разі потреби подають також відомості про автора. Обов'язково зазначають, на яких фахівців розраховано цей твір. Наведемо зразок анотації:

Рогоза В.С. Адаптивні методи дослідження мікроелектронних пристроїв на основні моделі з параметрами. — Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.02 - Математичне моделювання в наукових дослідженнях. — Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. — Київ, 1996. Дисертацію присвячено питанням проектування складних технічних пристроїв (на прикладі інтегральних мікросхем (ІМС) на біполярних і МДН-транзисторах). У дисертації розроблено новий напрям у математичному моделюванні, який ґрунтується на концепції об'єктної декомпозиції. Встановлено, що інкапсуляція (об'єднання моделей і дій над ними в категорію "клас") на кожному етапі міжрівневого проектування ІМС надає можливість здійснити гнучкий процес машинного дослідження і проектування складних технічних систем. Запропоновано конструктивні системні методи синтезу макромоделей, високу ефективність яких обґрунтовано теоретично і підтверджено практично. Основні результати праці здобули промислове впровадження у проектуванні нових типів аналогових інтегральних ланцюгів з поліпшеними технічними характеристиками.

Ключові слова: математичне моделювання, інтегральна мікросхема, інкапсуляція, аналіз, синтез, числові методи.

Трохи інша методика підготовки доповіді на науково-практичній конференції. План доповіді практично аналогічний плану статті. Але специфіка усної мови приводить до суттєвих змін і форми, і змісту. У підготовці доповіді треба врахувати, що велика частина інформації міститься в демонстраційному матеріалі (плакати, слайди тощо). На демонстраційні матеріали зазвичай виносять: математичні постановки, метод вирішення, алгоритми, структуру системи, схему експерименту, виявлені залежності в формі таблиць або графіків та ін., тому доповідь

повинна містити коментарі (але не повторення) до ілюстративного матеріалу. Це дає змогу на 20-30% скоротити доповідь.

У підготовці доповіді треба враховувати, що за 10 хвилин людина може прочитати матеріал, який міститься на чотирьох сторінках друкованого тексту (через два інтервали). Тому обсяг доповіді зазвичай менший від обсягу статті. Крім того, доповідач повинен реагувати на попередні виступи за темою його доповіді. Корисним є полемічний характер доповіді: це підвищує зацікавленість слухачів та їхню активність.

Невід'ємним елементом будь-якої науково-дослідної роботи, що потребує обов'язкового додаткового оформлення, є винахідницька діяльність, бо результати НДР — нові технологічні процеси та агрегати, матеріали та сполуки, пристрої та конструкції — можуть становити предмет винаходу або відкриття. Закони України про промислову власність дають таке визначення поняття винаходу.

Винахід (корисна модель, промисловий зразок) — результат творчої діяльності будь-якій сфері, згідно з технологією або художнім конструюванням.

Законодавством України встановлено, що об'єктом винаходу може бути продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізмів, культура клітин рослини або тварини), спосіб, а об'єктом корисної моделі може бути конструктивне виконання пристрою. Об'єктом промислового зразка можуть бути форма, малюнок або забарвлення чи їхнє поєднання, що визначають зовнішній вигляд промислового виробу й призначені для задоволення естетичних та ергономічних потреб.

Заявка на отримання патенту (охоронного документа) на винахід (корисну модель) повинна містити:

- заяву про видачу патенту України на винахід (корисну модель);
- опис винаходу (корисної моделі);
- формулу винаходу (корисної моделі);

- кресленики (якщо на них є посилання в описі);
- реферат.

У заяві про видачу патенту необхідно зазначити заявника, його адресу та винахідника.

Опис винаходу повинен розкривати суть винаходу настільки повно і зрозуміло, щоб його міг здійснити фахівець у відповідній галузі. Опис має суворо обов'язкову структуру і повинен містити:

- опис винаходу і клас міжнародної патентної класифікації, до якого він, на думку заявника, має бути включеним;
- галузь техніки, якої стосується винахід та сфера його використання;
- характеристики аналогів і прототипу винаходу із зазначенням їх вад;
- мету, суть та якісні ознаки винаходу;
- перелік ілюстративного матеріалу;
- приклади конкретного виконання або реалізації винаходу (економічна або інша ефективність);
- формулу винаходу.

Формула винаходу — це стисле, складене у вигляді анотації за встановленими правилами і формою викладення суті технічного рішення як єдиної сукупності ознак, необхідних для його здійснення. Формула повинна характеризуватися лаконічністю, загальністю, повнотою, визначеністю та відповідати умові єдиності винаходу. Лаконічність формули потребує гранично стислого визначення винаходу. Загальність передбачає визначення прав винахідника в якомога ширших межах. Повнота формули залежить від включення до неї всіх суттєвих ознак, що становлять винахід. Єдиність потребує, щоб формула стосувалася одного і тільки одного винаходу.

Реферат складається тільки з інформаційною метою і не може використовуватися для тлумачення або уточнення формули винаходу.

Процес винахідництва складний і багатогранний, він потребує глибокої спеціальної підготовки і досвіду. Тому дослідник-початківець повинен докладно ознайомитися з основними правилами і методами винахідницької діяльності, складанням заявок і формул, а також технічними, процедурними і правовими питаннями оформлення та захисту прав на винахід. Це передбачає вивчення спеціальної літератури, законодавчих і нормативних актів у цій галузі, консультації та допомогу кваліфікованих фахівців — патентознавців.

Аналогічні вимоги законодавство України висуває для оформлення заявки на промисловий зразок, тільки пакет документів у цьому разі повинен містити комплект фотознімків із зображенням виробу (його макета, малюнка), які дають повне уявлення про його зовнішній вигляд.

У процесі виконання науково-дослідної роботи вчений може зробити відкриття — встановити раніше невідомі об'єктивно існуючі закономірності, властивості чи явища матеріального світу, що вносять докорінні зміни в рівень пізнання. Відкриття лежить в основі науково-технічної революції, надає принципово нового спрямування науці і техніці, революціонує суспільне виробництво. Тому дуже важливо закріпити пріоритет науковця та держави законодавчо.

Опис відкриття класифікується за УДК і містить такі розділи: докази достовірності відкриття; область його наукового та практичного використання; відомості про пріоритет і визнання новизни й достовірності відкриття; формулу відкриття; список використаної літератури.

Назва відкриття повинна бути короткою, точно відбивати його суть і починатися словами: "закономірність", "властивість", "явище".

Вступна частина починається із визначення галузі науки та її конкретного розділу, до якого належить відкриття. Потім дається

характеристика кожного наукового положення, що передувало відкриттю, із зазначенням джерела інформації, де це положення описане. Завершується опис положенням суті відкриття з поясненням того, у чому саме міститься докорінна зміна рівня пізнання.

У розділі "Докази достовірності відкриття" наводиться теоретичне обґрунтування та/або експериментальне підтвердження, докази, що однозначно підтверджують достовірність відкриття та його причино-наслідковий зв'язок з іншими закономірностями, властивостями та явищами. Докази достовірності відкриття повинні бути переконливими для фахівців у цій галузі знань. Доцільно подати не тільки дані, отримані автором відкриття, а й послатися, за можливості, на роботи вітчизняних фахівців.

Розділ "Область наукового та практичного використання відкриття" повинен містити характеристику наукових і практичних проблем, які можуть бути вирішені на основі даного відкриття. Тут подаються рекомендації про шляхи можливого використання відкриття з оцінкою очікуваного ефекту або викладаються відомості про стан його використання. Завершується розділ посиланням на те, які нові технічні рішення розроблено на основі відкриття (вказуються авторські свідоцтва та заявки на винаходи).

У розділі "Відомості про пріоритет і визнання новизни й достовірності відкриття" наводяться документальні дані, що засвідчують пріоритет (висновки компетентних організацій та інші документи, що містять відомості про визнання і достовірність відкриття в країні та за її межами).

У прикінцевій частині опису викладається формула відкриття, що виражає суть виявлених закономірностей, властивостей або явищ матеріального світу, її наукову інтерпретацію й характеристику причино-наслідкових зв'язків. Формула відкриття повинна складатися з одного граматичного речення.

За узагальненням результатів настає черга невеликого, але досить важливого етапу *обговорення* роботи. Якщо роботу виконував колектив (лабораторія, група), то обговорення проводиться за присутності повного його складу. Робота може бути поставлена на обговорення і більшого підрозділу (відділу, сектору) залежно від чисельності і компетентності колективного виконавця та від теми дослідження — її новизни, складності, комплексності.

Поряд з членами колективу до обговорення залучають працівників суміжних відділів, а за можливості — і працівників суміжних інститутів, ВНЗ і лабораторій, що мали відношення до виконаної роботи. Велику користь дає і запрошення до обговорення спеціалістів-практиків.

Учасників обговорення необхідно заздалегідь ознайомити з робочим планом, висновками і пропозиціями, протоколами найважливіших експериментів, з таблицями, графіками, схемами і креслениками, а також з найбільш спірними фрагментами роботи. Ще краще, якщо майбутнім учасникам обговорення надати можливість ознайомитися з роботою в цілому. Зазвичай усне повідомлення без попереднього ознайомлення з матеріалами навіть за блискучого його викладення малоефективне. Слід заздалегідь роздати учасникам тези або хоча б перелік питань, з яких особливо необхідні їхні поради й допомога. У тезах викладають тільки основні положення роботи без аргументації, але так, аби був зрозумілим їхній логічний зв'язок. На відміну від авторефератів і резюме тези можуть охоплювати не всі частини роботи, а тільки ті, що можуть слугувати предметом наукової дискусії. Немає також необхідності відбивати в тезах історію питання, але необхідно охарактеризувати застосовані методи дослідження.

На обговорення слід виносити лише принципові питання. Дрібні зауваження краще робити на берегах роздаткового матеріалу або повідомляти особисто автору, що заощаджує час в обговоренні.

У виконанні прикладних досліджень до кола важливіших питань, що потребують серйозного обговорення, крім спеціальних відносять питання економічного порядку: народногосподарська значущість запропонованого рішення, вартість дослідження, його економічна ефективність, рентабельність, перспективність; економічні заходи, необхідні для успішного впровадження його результатів тощо.

Повідомлення дослідника, що передує обговоренню, повинно бути змістовним, послідовним, чітким і стислим; не слід переобтяжувати його великою кількістю цифр і формул — на слух вони сприймаються важко. У повідомленні слід зупинитися і на відкинутих варіантах рішень, і на існуючих серед теоретиків і практиків поглядах з основних питань, що не збігаються з поглядом дослідника.

Текст повідомлення доцільно попередньо викласти в письмовій формі. У процесі підготовки до повідомлення корисно його прорепетирувати, аби впевнитися, що доповідач вкладається у відведений для нього час. Бажано, щоб повідомлення супроводжувалося демонстрацією наочних матеріалів.

Наукова дискусія є однією з найефективніших форм колективної творчої праці, тому важливо дотримуватися всіх умов, що забезпечують її плідність. Від учасників дискусії вимагається активність, вміння бачити позитивні сторони роботи, що піддається критиці; правильне викладення позиції супротивника, чітка кваліфікація суті його помилки (чи має вона принциповий характер, йдеться про некоректність формулювань чи про неправильність концепції автора), окреслення можливих шляхів її виправлення. Серед цих умов далеко не останнє місце посідає виконання етичних вимог — критикуючи помилки в роботі, учасники дискусії не повинні торкатися особистих якостей і здібностей автора.

Важливим моментом обговорення є відповідне слово дослідника. Щоб побудувати його найекономніше та найефективніше, досліднику необхідно заздалегідь підготувати відповіді на ті заперечення та зауваження, що

містилися в письмових відгуках чи висловлювалися на попередніх обговореннях і можуть бути висунуті знову; якомога докладніше особисто записувати виступи; зосередити свою увагу на найбільш принципових зауваженнях; відповідати на них не в тій послідовності, в якій відбувалися виступи і не кожному виступаючому окремо, а відповідно до плану роботи, попередньо згрупувавши заперечення та зауваження за їхнім змістом.

Якщо окремі частини великої і складної роботи попередньо не обговорювалися, доцільно розчленувати загальне обговорення на кілька стадій, щоб надати йому конкретнішого характеру, а потім обговорити роботу в цілому.

Як і на ранніх етапах, в обговоренні суттєву допомогу можуть надати консультанти. Роль останнього консультанта виконує рецензент. Робота передається на рецензію або відразу після завершального обговорення якщо воно не виявило необхідності суттєвого доопрацювання, або вже після здійснення автором необхідних змін.

Рецензія (відгук про наукову роботу) — це робота, в якій критично оцінюють основні положення і результати дослідження. Особливу увагу тут звертають на актуальність його теоретичних положень, доцільність та оригінальність застосованих методів досліджень, новизну і достовірність отриманих результатів, їхню практичну корисність.

Складаючи рецензію, зазвичай дотримуються такої послідовності:

- обґрунтування необхідності (актуальності) теми дослідження;
- оцінка ідейного і наукового змісту (основна частина рецензії), мови, стилю викладення;
- послідовність викладення результатів дослідження;
- оцінка ілюстративного матеріалу, обсягу досліджень і рукопису викладення (рекомендації щодо скорочення або доповнення);
- загальні висновки, підсумкова оцінка дослідження.

Критика рецензента повинна бути принциповою, науково обґрунтованою, але водночас і доброзичливою, що сприяє поліпшенню дослідження.

Для забезпечення об'єктивності і різнобічності оцінки бажано залучати не менше двох рецензентів, по можливості — різного профілю або різних наукових напрямів. Крім представників відповідної галузі знань рецензентами необхідно залучати спеціалістів-практиків з організації-замовника або з тих організацій, які є потенційними споживачами створеної наукової продукції.

Відправляючи роботу рецензентові, корисно водночас повідомляти його, з яких питань особливо бажано знати його думку. За наявності принципових зауважень або заперечень необхідні особисті контакти автора з рецензентом. Якщо автор не задоволений рецензією, він може порушити питання про передачу роботи іншому рецензентові.

Після обговорення роботи, отримання консультацій і рецензій автор повинен провести необхідне доопрацювання матеріалів. На наступному етапі необхідно з'ясувати, чи не з'явилась яка-небудь нова інформація, що потребує, з огляду на свій принциповий характер, відображення в роботі або хоча б згадування в бібліографії. Перед здачею роботи слід ще раз уважно перечитати текст, щоб усунути можливу неузгодженість окремих його частин, що виникла під час внесення змін (наприклад, якщо якийсь параграф вилучено, а в іншій главі на нього зберігається посилання).

Чернетки зберігаються до моменту закінчення і здачі роботи, а якщо робота друкується — до моменту виходу її з друку. Рекомендується зберігати і всі первинні матеріали, а також попередні варіанти викладення, тому що вони можуть знадобитися для перевірки і можуть бути використані в інших дослідженнях. Після здачі роботи всі матеріали, що зберігаються, необхідно привести в певну систему, надати їм заголовки, проставити дати і розкласти в окремі теки. Таким чином, з часом у

дослідника формується особистий науковий архів, до якого він може не раз звертатися в наступній роботі. У разі застарівання матеріалу його з архіву вилучають.

Науково-дослідна робота та її результати можуть бути піддані науковій або науково-технічній експертизі. Згідно із законодавством України, під *науковою та науково-технічною експертизою* розуміють діяльність, метою якої є дослідження, перевірка, аналіз науково-технічного рівня об'єкта експертизи і підготовка обґрунтованих висновків для прийняття рішень щодо таких об'єктів. Це найбільш детальний та об'єктивний метод оцінки наукової діяльності та її результатів.

Об'єктами наукової та науково-технічної експертизи можуть бути:

- діючі об'єкти техніки (у тому числі військової) та промисловості, споруди, природні об'єкти тощо, щодо яких виникає потреба отримати науково обґрунтовані експертні висновки;
- проекти, програми, пропозиції різного рівня, щодо яких необхідно провести науково обґрунтований аналіз і дати висновок про доцільність їх прийняття, впровадження, подальшого використання тощо.

Експертиза проводиться з метою забезпечення наукового обґрунтування структури і змісту пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, наукових, науково-технічних, соціально-економічних програм і проектів, визначення напрямів науково-технічної діяльності, аналізу та оцінки ефективності використання науково-технічного потенціалу та результатів наукових досліджень. Тому обов'язковій науковій і науково-технічній експертизі підлягають:

- національні й державні наукові та науково-технічні програми;
- міждержавні наукові та науково-технічні програми, що реалізуються на підставі міжнародних договорів України в межах її території;

- галузеві і міжгалузеві програми у сфері наукової та науково-технічної діяльності;
- інноваційні програми та проекти державного значення.

На підставі рішень органів державної виконавчої влади та місцевого самоврядування, з ініціативи наукових організацій та установ у межах укладених ними договорів на проведення наукової та науково-технічної експертизи така експертиза проводиться щодо:

Контрольна наукова і науково-технічна експертиза здійснюються з ініціативи замовника для перевірки висновків первинної експертизи або з ініціативи фізичних чи юридичних осіб, зацікавлених у спростуванні окремих положень, частин або в цілому висновків раніше проведених експертиз. Основним юридичним документом, що регламентує відносини між замовником і організатором у сфері наукової і науково-технічної експертизи, є договір на його проведення. У ньому визначають: сторони договору, предмет і об'єкти експертизи; умови її проведення; права та обов'язки сторін; термін проведення експертизи; термін, упродовж якого висновки експертизи зберігають чинність; порядок розрахунків; відповідальність за невиконання або за неналежне виконання умов договору; відповідальність за достовірність умов експертизи; інші суттєві умови, що впливають зі специфіки об'єкта експертизи.

Висновки державної наукової і науково-технічної експертизи є обов'язковими для прийняття до розгляду і врахування в обґрунтуванні структури і змісту пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, наукових і науково-технічних, соціально-економічних і екологічних програм і проектів, реалізації наукової і науково-технічної діяльності, аналізу ефективності використання науково-технічного потенціалу.

Висновки громадської та інших наукових і науково-технічних експертиз зазвичай мають рекомендаційний характер, їх беруть до уваги державні органи поряд з висновками державної експертизи в прийнятті

рішень про реалізацію науково-технічних програм, проектів, використання іншої науково-технічної продукції та розробок.

Контрольні запитання і завдання

1. *Охарактеризуйте коротко основні етапи виконання робіт на прикінцевій стадії науково-дослідного процесу.*
2. *Вимоги до оформлення звіту з виконаної НДР.*
3. *Підготовка рефератів за результатами дослідження.*
4. *Наукова стаття і правила її підготовки.*
5. *Монографія і дисертація як види узагальнення результатів дослідження.*
6. *Підготовка доповіді на науково-практичній конференції.*
7. *Винахід і відкриття як результат наукового дослідження.*
8. *Розкрийте мету і порядок проведення обговорення роботи.*
9. *Рецензування науково-дослідної роботи.*
10. *Оцінювання результатів дослідження за допомогою наукової та науково-технічної експертизи.*

3.2.8 Етап реалізації результатів дослідження

Результативність наукового дослідження значною мірою визначається ступенем його реалізації — впровадженням в практику.

Впровадження результатів наукових досліджень — це передавання на виробництво або в повсякденну практичну діяльність наукової продукції (звітів, інструкцій, технічних умов, технічних проектів, тимчасових вказівок тощо), що забезпечує техніко-економічний ефект у зручній для реалізації формі. НДР перетворюється на продукт лише з моменту її "споживання" виробництвом.

Форми впровадження результатів НДР можуть бути різноманітними. Найпростішою формою впровадження в практику наукових здобутків,

характерною для всіх наукових тем, є оприлюднення матеріалів дослідження. Для цілого класу робіт оприлюднення матеріалів є основною формою реалізації їхніх результатів. До цього класу належать, наприклад, роботи, які обмежуються тільки постановкою нової проблеми, дослідження пошукового характеру та ін. Для переважної більшості робіт оприлюднення — тільки перший крок до впровадження.

Наприклад, якщо після впровадження роботи змінюються окремі параметри технологічного процесу (хімічний склад, фізико-хімічні характеристики сировини тощо), а принципові основи технологічних процесів залишаються незмінними, результатом упровадження такої роботи можуть бути зміни (доповнення) технологічної конструкції.

Впровадження результатів НДР з розробки нових видів сировини може знайти відображення у нових міжгалузевих або внутрішньозаводських технічних умовах.

Результатом НДР може бути технологічний процес, для якого необхідно створити обладнання (механічне, електричне тощо), що пов'язано з реконструкцією або будівництвом нових ділянок, цехів або їхніх відділень. У цьому разі однією з форм упровадження НДР є видача і затвердження технічного завдання на проектування цеху (відділення), його будову та освоєння нового технологічного процесу.

Теоретичні і науково-методологічні положення, методики, рекомендації, створені в результаті виконання НДР, наприклад з економіки, реалізуються на практиці шляхом застосування їх під час упровадження нових технологій організації та економічного стимулювання виробництва конкурентоспроможної продукції, раціонального використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів, поліпшення банківської справи під час удосконалення менеджменту маркетингу, обліку, контролю та аудиту в умовах ринкових відносин. Для теоретичних

та історичних робіт однією з форм упровадження є залучення їхніх результатів у навчальні курси з відповідних дисциплін.

Важливою формою впровадження результатів закінченого наукового дослідження слід визнати, наступне їх використання в розробці інших проблем.

Відповідальність за впровадження НДР покладається на організацію-замовника робіт, а організація-дослідник зобов'язана брати безпосередню участь у виконанні робіт з дослідної експлуатації і введення об'єкта в дію. У разі необхідності за промисловою експлуатацією впроваджених результатів наукових досліджень може здійснюватися *авторський нагляд* науково-дослідною організацією. Порядок його здійснення встановлюється за домовленістю сторін.

Здавання замовнику виконаної роботи оформляється актом здавання-приймання завершеної науково-дослідної роботи за темою, у складанні якого бере участь комісія з представників замовника і виконавця. У разі необхідності для приймання робіт створюють спеціальну комісію. В акті зазначають терміни виконання робіт, кошторисні і фактичні витрати, основні дані про виконавців, терміни початку і завершення робіт, апробацію здобутих результатів (рецензування, експертна оцінка тощо), патентування винаходів і відкриттів, якщо такі існують, дані про опублікування статей, рефератів, монографій з виконаної теми.

У постановній частині акта приймальна комісія зазначає, що науково-дослідну роботу з теми завершено, ухвалюється рішення щодо подальшого використання наукових результатів, а також зазначається місце впровадження, терміни та очікуваний економічний ефект.

Та як би ретельно не проводилися НДР у науково-дослідних організаціях чи творчих колективах, все ж вони не можуть всебічно врахувати різноманітні, часто випадкові чинники, що діють в умовах виробництва. Тому наукова розробка на першому етапі впровадження

потребує дослідної перевірки у виробничих умовах. Враховуючи це, процес впровадження часто проводять в два етапи: дослідно-виробниче впровадження та серійне впровадження (упровадження досягнень науки, нової техніки, нової технології).

Дослідно-виробниче впровадження результатів технічних досліджень зазвичай проходить в три стадії:

Перша стадія — підготовка до впровадження. Спільно із замовником або споживачем складається план упровадження із зазначенням фронту впровадження, що визначається на основі зіставлення техніко-економічних показників виробництва за існуючих технологічного процесу, обладнання, організації виробництва та з урахуванням їхніх змін або доповнень, рекомендованих дослідженням. Визначаються окремі та кінцеві терміни та послідовність упровадження за агрегатами, цехами, підприємствами; виконавці, розподілення функцій між ними; потім готується документація, проводиться випробування окремих вузлів і блоків, їхній монтаж, доведення, а також випробування і доведення агрегатів у лабораторних умовах.

Друга стадія — власне впровадження. У проведенні конструкторських розробок — це монтаж конструкції та її випробування на робочому місці; виготовлення дослідних партій та їхнє лабораторне випробування; навчання персоналу методам її експлуатації; передача споживачу систем обліку, планування та управління; оформлення акта. У технологічних розробках до стадії впровадження входить уточнення технології на робочому місці і корегування технологічної документації.

Третя стадія — завершення впровадження. У цей час проводиться випробування впровадженої конструкції (технології, системи організації виробництва тощо) у виробничих умовах; усуваються виявлені під час випробування дефекти, конструкція доводиться до належних вимог і показників; відбувається передача документації, оформлення акта.

Участь дослідника необхідна на всіх трьох стадіях, бо він краще за будь-кого може знайти способи усунення перешкод, що часом виникають, внести необхідні уточнення та удосконалення. Під час упровадження робіт, спрямованих на удосконалення планування та організації праці і виробництва, участь дослідника необхідна і на стадії переходу до масового чи серійного виробництва, бо лише тут може бути практично перевірено ефективність запропонованої методики і відпрацьовано необхідні корективи.

І в складанні плану впровадження, і під час його виконання найбільші труднощі виникають у тих випадках, коли дослідження проводять не для певного замовника, а розраховуючи на широке коло споживачів. Наприклад, дослідники, що розробляють проекти комплексної механізації, автоматизації, реконструкції, нестандартного обладнання, повинні бути готові до того, що в процесі впровадження вони зіткнуться зі значними труднощами через участь у ньому багатьох організацій, часом навіть різних галузей.

У плані роботи повинна бути передбачена наступна перевірка впроваджених досліджень, що проводиться по закінченні певного терміну. Цей термін не повинен бути надто коротким, бо робити висновки про їхню корисність можна тільки після їх повного освоєння, а негативні наслідки можуть проявитися лише згодом.

Предметом такої перевірки є досягнення запроектованих показників: потужності, якості, собівартості, термінів освоєння тощо; виявлення сильних і слабких сторін упровадженої техніки та технології; аналіз причин виявлених недоліків; визначення рентабельності впровадження.

Результатом перевірки може стати внесення в роботу коректив та їхнє відображення в документації (інструкціях, технологічних картах, формах обліку тощо). Вносячи зміни і доповнення, як і під час виконання основної

роботи, треба потурбуватися не тільки про їхню науково-технічну, а й про економічну доцільність.

За аналогічною схемою здійснюється впровадження завершених досліджень в галузі економічних, суспільно-політичних та ін. знань. Воно містить дослідне випробування розроблених методик, рекомендацій, інструкцій ТЕО, які мають прикладний характер. Дослідне впровадження здійснює комісія, створена наказом замовника і погоджена з виконавцем. До наказу додається погоджена з виконавцем програма дослідних випробувань, якою визначаються терміни проведення, умови перевірки, порядок виправлення недоліків.

У разі потреби замовник розробляє методику проведення дослідних випробувань, критеріїв оцінки добутих результатів і готує документацію. Результати дослідних випробувань наукових розробок оформляють протоколом. Якщо виявлено недоробки, помилкові пропозиції та рекомендації, виконавець вживає необхідних заходів для їх усунення. Після завершення доопрацювання пропозицій і рекомендацій комісія складає акт про впровадження результатів науково-дослідної роботи з виконаної теми, який затверджує керівник організації-замовника і виконавця.

Пропозиції про закінчені НДР розглядають на наукових і науково-технічних радах, а в разі особливо цінних пропозицій — на колегіях відповідного міністерства чи відомства і направляють на виробництво або в інші організації та установи для практичного використання.

Таким чином, після дослідно-виробничого випробування нові матеріали, конструкції, технології, рекомендації, методики та інші результати НДР впроваджують у серійне виробництво або повсякденну практичну діяльність. На цьому, другому, етапі науково-дослідні організації не беруть участі у впровадженні. Вони можуть давати

консультації або надавати незначну науково-технічну допомогу на прохання організацій, що здійснюють впровадження.

Один із варіантів упровадження, наприклад, передбачає завершення НДР на стадії промислово-серійного виробництва продукції за новою технологією, тобто з повним упровадженням. Таким чином, використання тих чи інших способів упровадження нової техніки і технології визначається характером НДР, особливостями об'єкта дослідження, завданнями і метою роботи.

Слід зазначити, що велике значення мають терміни реалізації наукової розробки та їх поширення в народному господарстві, що мають свої межі.

Максимальним терміном реалізації вважається термін "морального застарівання" розробки, а мінімальний, раніше якого неможливо реалізувати розробку, визначається технічними, науковими, інформаційними та іншими чинниками впровадження. Існує також економічна межа скорочення термінів реалізації, коли витрати, необхідні для їх скорочення, зростають настільки, що прискорення реалізації стає просто недоцільним з економічного погляду. З урахуванням цього оптимальним можна вважати термін, подальше скорочення якого потребує приросту додаткових витрат, що не перекриваються приростом народногосподарського ефекту від упровадження наукової розробки. Такий термін упровадження забезпечує максимальну ефективність реалізації.

На жаль, на наступний період теоретично обґрунтований критерій оптимальної тривалості реалізації відсутній, тому користуються емпіричними показниками за кожною науковою розробкою.

Процес впровадження досягнень науки і техніки фінансують організації, що його здійснюють.

Контрольні запитання і завдання

1. *Що становить упровадження результатів наукових досліджень?*
2. *Процес дослідно-виробничого впровадження результатів НДР.*
3. *З якою метою проводиться перевірка впроваджених досліджень?*
4. *Впровадження результатів досліджень у серійне виробництво.*

3.3 Ефективність наукових досліджень

Наука є найефективнішою сферою капіталовкладень. Досвід світової практики свідчить, що прибуток від капіталовкладень у неї становить 100-200% і є набагато вищим за прибуток будь-яких галузей. За даними зарубіжних економістів, на 1 долар витрат на науку прибуток на рік становить 4-7 доларів і більше. У нашій країні ефективність науки також дуже висока: на 1 грн витрат на НДР і ДКР прибуток становить 3-8 грн.

Однак щороку наука обходиться суспільству дедалі дорожче. На неї витрачають величезні суми. Тому перед економікою науки постає проблема систематичного зменшення народногосподарських витрат на дослідження з одночасним підвищенням ефекту від їх упровадження.

Основними видами ефективності наукових досліджень є:

- *економічна ефективність* — зростання національного доходу, підвищення продуктивності праці, якості продукції, зменшення витрат на наукові дослідження;
- *зміцнення обороноздатності країни;*
- *соціально-економічна ефективність* — ліквідація важкої праці, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, збереження та очищення довкілля;
- *престиж вітчизняної науки.*

Таким чином, під економічною ефективністю наукових досліджень у цілому розуміють зменшення витрат суспільної та живої праці на виробництво продукції в тій галузі, де впроваджуються закінчені науково-дослідні роботи та дослідно-конструкторські розробки (НДР і ДКР).

Нині кожна гривня, вкладена в науку, НТП та освоєння нововведень (нової техніки, нових технологій) у виробництві, дає вчетверо більший ефект, ніж та сама гривня, вкладена в екстенсивні фактори. Це дуже суттєва обставина, з якої випливає, що й надалі господарська політика України буде спрямована на те, щоб в усіх сферах суспільного виробництва вирішувати проблеми подальшого розвитку переважно за рахунок інтенсивних факторів. Особлива роль надається науці, причому на саму науку поширюється та сама вимога. Ось деякі факти з цього приводу. За останні 40-50 років кількість нових знань збільшилася приблизно в 2-3 рази, водночас обсяг інформації (публікацій, різноманітної документації) зріс у 8-10 разів, а обсяг коштів, витрачених на науку, — більш як у 100 разів. Таке співвідношення свідчить про те, що наукову політику треба змінювати, необхідно кардинально підвищувати ефективність роботи наукових установ, організацій, колективів. Крім того, само собою зростання кількості нових знань не дає приросту ефекту у виробництві. Таким чином, потребує аналізу питання про пропорції між отриманням знань та їхнім використанням у виробництві.

Існує теоретична модель, побудована з міркувань найповнішого використання нових знань, нових наукових даних. Згідно з цією моделлю, якщо асигнування в галузі фундаментальних досліджень взяти за одиницю, то відповідні показники становитимуть: за прикладними дослідженнями — 4, за розробками — 16, за освоєнням нововведень у виробництві — 250. Ця модель побудована академіком В.М. Глушковим виходячи з того, що все розумне (з нових ідей, відомостей, можливостей), отримане у сфері фундаментальних досліджень, буде використано. Для цього буде

достатньо наявних потужностей прикладних наук. Потім можливості практичного використання будуть реалізовані у вигляді нових технологій, нових конструкцій тощо тими, хто проектує, веде розробки. І в них, у свою чергу, буде достатньо потужностей, щоб все це прийняти і повністю використати. І нарешті, необхідно мати достатньо капіталовкладень і вільних потужностей, призначених для освоєння нововведень у виробництві, щоб освоїти та реалізувати всі об'єктивно необхідні нововведення.

Якщо сумарні витрати на фундаментальні та прикладні дослідження, а також на дослідно-конструкторські розробки прийняти за одиницю, то співвідношення між вкладеннями у виробництво нових знань і вкладеннями в освоєння цих знань народним господарством становитиме 1:12. А в реальному житті в нашій країні таке співвідношення становить 1:7 (у США — 1:11).

Треба відзначити, що в сучасній науці кожен четвертий — керівник. В Україні на 150 тис. наукових працівників припадає 40 тис. керівників (директорів, заступників, завідувачів відділів, лабораторій, кафедр, груп). Керівників у науці більше, ніж фізиків, хіміків, математиків тощо, окремо взятих. Але математиків, фізиків, хіміків та інших фахівців різноманітних галузей готують ВНЗ, і професійний рівень їхніх знань дуже високий. Керівництву ж науковою діяльністю ніхто не навчає, тому вони вчаться самі, причому найбільш непродуктивним способом — на своїх власних помилках. А вирішення цього питання також сприяло б підвищенню ефективності наукових досліджень.

Крім того, відомо, що термін між вкладеннями в науку та віддачею від науки в економіку вимірюється в нашій країні 9 роками. Це досить великий термін. А кожен рік його скорочення означає виграш у 5 млрд. грн. І надалі цей виграш зростатиме.

Одним із способів підвищення ефективності наукових досліджень є використання так званих супутніх, або проміжних, результатів, які часом не використовуються або використовуються пізно чи недостатньо повно. Наприклад, космічні програми, крім отриманих великих наукових фундаментальних результатів у пізнанні світу, що не знайшли ще практичного втілення, вже зараз економічно виправдовуються поліпшенням радіозв'язку, можливістю далеких передач телевізійних програм, підвищенням точності прогнозів погоди.

На ефективність дослідницької праці прямо впливає оперативність наукових видань, передусім періодичних. Наприклад, аналіз термінів перебування статей у редакціях вітчизняних журналів показав, що вони затримуються вдвічі довше, ніж в аналогічних зарубіжних виданнях.

Відомо, що темпи зростання інструментальної озброєності сучасної науки повинні приблизно в 2,5-3 рази перевищувати темпи зростання чисельності працюючих у цій сфері. У цілому ж по країні цей показник ще недостатньо високий, а в деяких наукових організаціях він значно менший за одиницю, що призводить до фактичного зменшення коефіцієнта корисної дії інтелектуальних ресурсів науки.

Сучасні наукові прилади морально зношуються так швидко, що за 4-5 років зазвичай безнадійно застарівають. Тому раціональним вважається придбання меншої кількості приладів, але найсучасніших і найдосконаліших. Потім, через 2-3 роки їхньої експлуатації за максимального навантаження, їх буде замінено іншими, сучаснішими.

Міністерство промисловості, оновлюючи свою продукцію приблизно кожні 5 і більше років, лише на 10-15% її випускають на рівні світових показників. Серед причин цього явища — розпорошеність і слабкість наукового потенціалу відповідних підприємств, що робить їх невідповідними до сприйняття нового, а тим більше до розробки його власними силами. Тому в сучасній науці головним питанням залишаються

кадри. Із заводської науки вийшла ціла плеяда видатних вчених. Багато заводських дослідницьких колективів перетворилися на провідні наукові школи. Але водночас слід відзначити, що в цілому індустріальний сектор науки ще дуже слабо забезпечений висококваліфікованими кадрами дослідників. На кожну сотню центральних заводських лабораторій припадає лише один кандидат наук. Більшість заводських наукових підрозділів, що виконують такий самий обсяг робіт, як НДІ, мають у кілька разів меншу кількість докторів і кандидатів наук. Тому особливої ваги набуває проблема цільової підготовки кадрів для індустріального сектора науки.

Звісно, про ефективність будь-яких досліджень можна говорити тільки після їх завершення та впровадження, тобто тоді, коли вони починають давати віддачу для народного господарства. Великого значення набуває чинник часу. Тому тривалість розробки прикладних тем мірою можливості повинна бути меншою. Кращим є такий варіант, коли тривалість їхньої розробки не перевищує трьох років. Для більшості прикладних досліджень ймовірність отримання ефекту в народному господарстві сьогодні перевищує 80%.

Ефективність роботи наукового працівника оцінюють за допомогою різних критеріїв: публікаційного, економічного, новизни розробки, цитування робіт та ін.

Публікаційний критерій характеризує загальну діяльність — сумарну кількість друкованих праць, загальний обсяг їх у друкованих аркушах, кількість монографій, підручників, навчальних посібників. Але цей критерій не завжди об'єктивно характеризує ефективність наукового співробітника. Трапляються випадки, коли за меншої кількості друкованих робіт віддача значно більша, ніж від великої кількості дрібних робіт. Економічну оцінку роботи окремого наукового працівника застосовують вкрай рідко. Найчастіше як економічний критерій використовують

показник продуктивності його праці. Критерій новизни НДР — це кількість авторських свідоцтв та патентів. Критерій цитування робіт ученого становить кількість посилань на його друковані праці. Це другорядний критерій.

Ефективність роботи науково-дослідної групи або організації оцінюють зовсім інакше. У цьому випадку також існує кілька показників: середньорічна розробка НДР, кількість упроваджених тем, економічна ефективність від упровадження НДР і ДКР, загальний економічний ефект, кількість отриманих авторських свідоцтв і патентів, кількість проданих ліцензій, валютна виручка.

Середньорічну розробку НДР, ДКР визначають за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{C_o}{P},$$

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

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

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

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

Відносний критерій впровадження закінчених тем:

$$K_B = \frac{m_B}{m},$$

де m — загальна кількість тем, що розробляються.

Критерій економічної ефективності ми розглянули раніше.

Економічний ефект від упровадження — основний показник ефективності наукових досліджень — залежить від витрат на

впровадження, обсягу впровадження, термінів освоєння нової техніки і багатьох інших чинників.

Ефект від упровадження розраховують за весь період, починаючи з початку розробки теми до отримання віддачі. Зазвичай тривалість такого періоду прикладних досліджень становить кілька років. Однак наприкінці його можна отримати повний народногосподарський ефект.

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

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

$$K_L = \frac{D}{\sum Z},$$

де D — валютний дохід держави, тис. грн;

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

Що вищі показники K_L , K_B , K_A , K_L , то ефективніше НДР колективу.

Найефективнішим критерієм економічної ефективності наукових досліджень є фактична економія від упровадження.

Таким чином, однією з можливостей підвищення ефективності науки і науково-технічного прогресу є вдосконалення соціального, передусім економічного механізму, що сприяло б швидшому освоєнню наукових результатів виробництвом і суспільною практикою в цілому.

Друга можливість підвищення ефективності науки лежить у сфері безпосередньої творчої діяльності дослідників і складається з підвищення

методологічного рівня наукової роботи, висування нових, глибших ідей, освоєння перспективних методів досліджень.

І нарешті, третя можливість перебуває у сфері управління науковим процесом в цілому і складається зі створення найсприятливіших умов для плідної праці всіх категорій працівників науки і за всім спектром сучасного наукового процесу.

Контрольні запитання і завдання

1. *Охарактеризуйте основні види ефективності наукових досліджень.*

2. *Критерій ефективності роботи окремого наукового працівника.*

1. *Методи оцінки ефективності роботи науково-дослідної групи або організації.*

3. *Розкрийте можливі шляхи підвищення ефективності наукових досліджень.*

4 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАЦІ В НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Особливості творчої праці дослідника

Ефективність праці в науковій діяльності залежить від моральних, вольових і якісних характеристик працівника, його інтелектуального рівня. Останнє особливо важливо у творчій праці науково-дослідницької діяльності. Найважливішими особливостями сучасних наукових досліджень, що впливають на ефективність наукової праці, є такі:

- *ймовірнісний характер* їхніх результатів, тому дослідник повинен мати моральні та вольові якості (організованість, наполегливість, твердість);
- *унікальність*, яка обмежує застосування типових методик і рішень, на відміну від матеріального виробництва;
- *складність і комплексність*, які підвищують вимоги до наукових працівників у кооперації праці, що насамперед стосується економічного аспекту проблеми, яка вивчається. Це потребує не тільки розширення економічного світогляду дослідника іншої галузі, а й залучення професійних економістів;
- *масштабність і трудомісткість*, які ґрунтуються на вивченні великої кількості об'єктів та експериментальній перевірці здобутих результатів;
- *зв'язок досліджень з практикою*, що закріплюється мірою перетворення науки в безпосередню виробничу силу.

Досвід свідчить, що не кожен спеціаліст, навіть висококваліфікований, має нахил до виконання наукових досліджень.

Організаційні принципи у сфері наукової праці впродовж тривалого часу ґрунтувалися на практичному досвіді дослідника. Формування

наукової організації творчої праці зумовлено потребою координації взаємозв'язку цілої низки однорідних за технічним характером процесів колективної праці. Слід зазначити, що методи організації колективної праці, які ґрунтуються на практичному досвіді окремого дослідника, не забезпечують оптимальності творчого процесу в умовах технічного прогресу.

Як вже згадувалося, підвищення рівня використання наукового потенціалу є одним з найважливіших напрямів підвищення ефективності науки, який залежить від організації праці наукових працівників. Рациональна організація праці забезпечує зниження трудових витрат на науку. Найважливішими принципами організації праці в науковій діяльності є наступність, колективність, динамічність, мобільність, самоорганізація, творчий підхід.

Наступність становить взаємозв'язок між живою працею та працею уречевленою в раніше виконаних дослідженнях. Наука не могла б розвиватися, якби кожний дослідник починав би "з нуля". Тому в організації праці в наукових дослідженнях багато важить вивчення наукової спадщини попередників.

Колективність праці в наукових дослідженнях зумовлена зростанням спеціалізації працівників, масштабами і складністю досліджень, розвитком матеріально-технічної бази науки. У сфері розумової праці, особливо творчої, спілкування між її учасниками опосередковується усною мовою і письмово, що знижує швидкість і точність взаєморозуміння. Тому виникла потреба згуртування сил багатьох працівників, хоча безпосередній процес творчості має індивідуальний характер. Ця суперечність усувається координуючими впливами управління науковими дослідженнями (консультаціями, колективними обговореннями програм робіт, координаційними нарадами та ін.). Колективізм, що застосовується у більшості галузей науки, ґрунтується на функціональному розподілі праці,

за якого окремі функції закріплюються за різними працівниками (організаторами, координаторами, інформаторами, експериментаторами тощо).

До оптимальної організації колективної праці входить також кооперування — поєднання різноманітних демографічних і психологічних типів, "генераторів" ідей з виконавцями, сміливих з обережними, ініціативних — з більш самокритичними тощо. І тут необхідно враховувати психологічну сумісність працівників.

Динамічність організаційних форм праці у наукових дослідженнях визначається тим, що в умовах прискорення темпів розвитку науки змінюються форми розподілу і кооперації праці (розміщення кадрів, рівень колективності праці, поділ її на етапи, організація робочого місця тощо). Вона зумовлює потребу в оперативному забезпеченні координації дії працівників у процесі досліджень. На основі здобутих результатів до робочих планів і методики виконання робіт вносять корективи, спрямовані на успішне завершення досліджень у регламентовані терміни.

Мобільність професійної підготовки кадрів полягає в адаптації працівників до зміни функцій, спеціалізації місця роботи, що великою мірою впливає на організацію праці.

Самоорганізація передбачає комплекс заходів соціологічного і психофізіологічного характеру, який виконує працівник з метою підвищення ефективності досліджень. Наприклад, оскільки сучасні дослідження пов'язані з опрацюванням цифрової інформації, дослідник повинен виробити в собі такі риси характеру, як зосередженість, уважність, аналітичність мислення, що дає змогу критично оцінювати результати виконаних робіт. Велику користь може принести і самонормування праці, яке полягає у визначенні щоденної норми, яку дослідник встановлює для себе особисто, наприклад норма написання

текстового матеріалу (8-10 сторінок, 4-5 аналітичних таблиць, реферування 70-80 сторінок літературних джерел тощо).

Творчий підхід ґрунтується на вивченні та узагальненні досягнень, що є в цій галузі знань, критичному осмисленні їх і створенні нових концепцій. Спрямований він на виробництво нових знань і, зокрема, на пізнання об'єктивних законів і тенденцій розвитку явищ, що дають змогу вирішувати нові науково-теоретичні і науково-практичні проблеми.

Науково-дослідний процес взагалі — це система, яка функціонує з використанням матеріальних, трудових та інтелектуальних цінностей. Тому, як і кожна система, науково-дослідний процес має бути раціонально організований, тобто всі елементи системи упорядковані, приведені у системний взаємозв'язок, зумовлений цільовою функцією.

Організація як змістове поняття передбачає упорядкованість, взаємодію окремих елементів, що перебувають у функціональній залежності. Організаційні принципи науково-дослідного процесу тривалий час ґрунтувалися на практичному досвіді працівників, зайнятих виконанням наукових досліджень.

Контрольні запитання і завдання

1. *Які особливості наукового дослідження впливають на ефективність наукової праці?*
2. *Організація науково-дослідного процесу як змістове поняття.*
3. *Охарактеризуйте найважливіші принципи організації праці в науковій діяльності.*

4.2 Наукова організація праці в дослідницькій діяльності

Наукова організація науково-дослідного процесу виникла у зв'язку з потребою координації і взаємозв'язку дослідної роботи великих колективів. Слід зазначити, що прийоми організації, які ґрунтуються на

практичному досвіді керівника досліджень, не забезпечують оптимальності в умовах ринкових відносин.

У спеціальній літературі та практиці нерідко наукова організація праці у науково-дослідних організаціях обмежується розробкою і впровадженням окремих елементів наукової організації праці (НОП) науковців. Такий підхід не сприяє впровадженню технічного прогресу в організацію і методологію науково-дослідного процесу. Якщо раніше науково-дослідний процес був спрямований на виконання дослідних процедур одним виконавцем, то цілком природно, що об'єктом організації в основному були трудові процеси науковця. У наш час до науково-дослідного процесу залучають різних за фахом спеціалістів (економістів, програмістів, математиків, технологів, конструкторів, маркетологів та ін.), об'єднують зусилля різноманітних невеличких і досить великих колективів, виконують наукові дослідження за міжнародними програмами. Для того щоб організувати працю науковця з найбільшою ефективністю, необхідно поєднувати цей процес з організацією всього науково-дослідного процесу. За цих умов значення НОП в організаційно-технологічній підготовці комплексних наукових досліджень і управлінні ними неабияк зростає. Дослідження інформації і перетворення її відповідно до цілей наукового дослідження повинно раціонально поєднувати процеси праці, матеріальні елементи виробництва наукової продукції, тобто засоби праці, (машини, устаткування, інвентар тощо), предмети праці (первинна фіксована інформація, перетворена в інформаційні сукупності, необхідні для дослідження) та інтелектуальні елементи — алгоритми, програми, методики. Для цього система науково-дослідного процесу має бути впорядкована: всі елементи приведені в системний взаємозв'язок, підпорядкований меті і програмі дослідження. Така упорядкованість системи може бути досягнута науковою організацією, що передбачає застосування системи прийомів, розроблених

наукою на основі узагальнення передової практики науково-дослідного процесу. Основні принципи наукової організації науково-дослідного процесу наведено на рисунку 4.1.

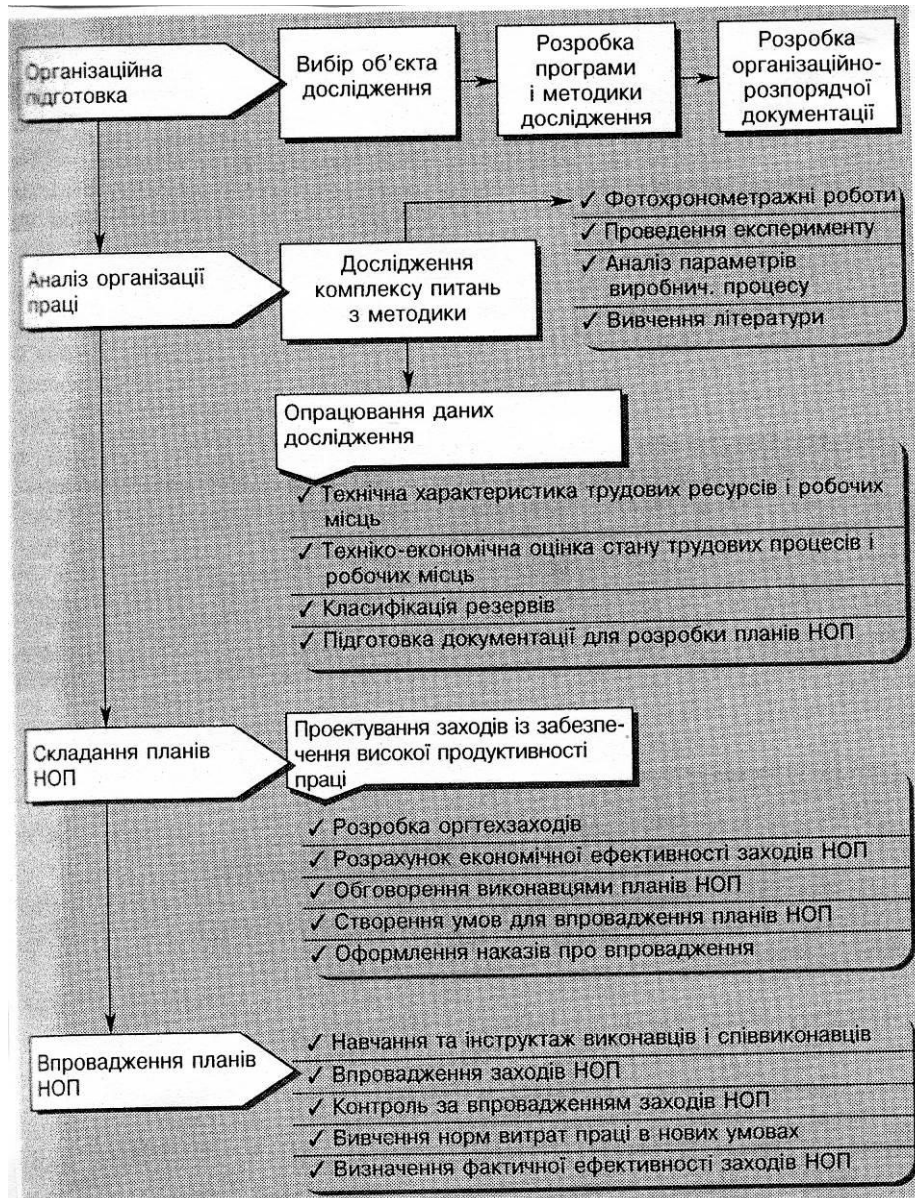


Рисунок 4.1 – Основні принципи наукової організації науково-дослідного процесу.

Організація науково-дослідного процесу полягає в створенні організаційних передумов для дослідження та аналітичного опрацювання інформації. Для цього застосовується комплекс елементів організації.

Спеціалізація і кооперування передбачають розподіл праці секторів, груп, окремих виконавців і співвиконавців науково-дослідних процедур.

При цьому дотримують технологічного принципу спеціалізації і кооперування, що ґрунтується на створенні ділянок і робочих місць для виконання однорідних за технологічним процесом операцій. Так, окремі підрозділи наукової установи чи окремі дослідники виконують постановку і алгоритмізацію задач дослідження, інші здійснюють програмування їх вирішення тощо.

Спеціалізація може поглиблюватись до об'єктів дослідження, наприклад, розробку і дослідження вибухозахищених електродвигунів потужністю до 1000 кВт виконує інший підрозділ, ніж двигунів потужністю вище за 1000 кВт.

Кооперування здійснюється в науково-дослідному процесі поєднанням зусиль спеціалізованих підрозділів і спрямуванням їх на всебічне дослідження об'єкта. Це поєднання передбачається програмою комплексного дослідження.

Пропорційність полягає в дотриманні правильного співвідношення інформаційного забезпечення дослідників, що дає всебічне і якісне дослідження об'єктів у терміни, встановлені графіком і програмою робіт. Особливо важливою стає пропорційність в організації науково-дослідного процесу із застосуванням обчислювальної та організаційної техніки, периферійних пристроїв підготовки даних, терміналів тощо.

Паралельність у науково-дослідному процесі забезпечує одночасне паралельне виконання дослідних процедур, не пов'язаних між собою причинно-наслідковими зв'язками, що неабияк скорочує час виконання дослідження.

Прямоточність дає змогу раціонально організувати інформаційні потоки між учасниками науково-дослідного процесу, не припускати дублювання дослідних процедур різними виконавцями.

Безперервність зумовлює потребу організації дослідного процесу в часі і просторі.

Ритмічність науково-дослідного процесу забезпечується рівномірним виконанням дослідних процедур, що передбачає правильну організацію роботи всіх виконавців.

Організація управління науково-дослідним процесом передбачає взаємне погодження виконання інтелектуальної підготовки дослідного процесу і наукової організації праці учасників цього процесу. На цьому етапі складають організаційні моделі, які дають змогу графічно представити взаємозв'язок об'єктів дослідження, джерел інформації, методів дослідження та узагальнення його результатів; виявити і сформулювати конкретні зв'язки, пропорції, структурні взаємини між учасниками науково-дослідного процесу. Для цього можуть використовуватися оперограми, діаграми, гістограми, сітьові графіки тощо. Це дає можливість зробити розрахунок необхідного часу для виконання окремих процедур і дослідного процесу в цілому та узагальнити їх у класифікаційні схеми.

Наукова організація праці (НОП) у науково-дослідному процесі — це система заходів, спрямованих на вдосконалення методів і умов інтелектуальної праці, збереження здоров'я працівників на основі новітніх досягнень науки і техніки, що забезпечують найбільшу ефективність за найменших витрат розумової праці.

Основними завданнями НОП є поєднання в єдиному процесі техніки та інтелектуальних можливостей науковців, забезпечення найбільшої ефективності використання трудових, матеріальних та інтелектуальних ресурсів з метою підвищення ефективності їхньої праці. Тому НОП має сприяти створенню таких умов праці, які забезпечували б збереження здоров'я і працездатності людини.

Наукова організація праці як система складається з таких взаємопов'язаних елементів: організації трудових процесів і робочих місць, забезпечення сприятливих умов праці, організації праці з функціонального

обслуговування робочих місць, нормування і матеріального стимулювання, розвитку творчих здібностей працівників. Без узагальнення заходів НОП неможливо правильно вирішувати питання структури і чисельності наукового персоналу, планування роботи, ритмічного завантаження працівників.

Нормування інтелектуальної праці науковців передбачає вивчення мети та об'єктів нормування, способів роботи та умов праці, класифікацію витрат часу та операцій, вибір об'єктів і методу спостереження, проведення спостережень і опрацювання даних, визначення трудомісткості праці окремого фахівця.

Розвиток творчих здібностей передбачає систематичну роботу науковців з вивчення передового досвіду в обраній галузі діяльності, проведення науково-практичних семінарів, популяризації праці науковців, обов'язкове підвищення кваліфікації їх через кожні п'ять років і отримання ліцензії на право виконання науково-дослідних робіт.

Організація обслуговування науково-дослідного процесу містить технічну оснащеність засобами праці, створення умов НОП на робочих місцях, обслуговування робочих місць, забезпеченість засобами зв'язку для збирання Інформації, технічну безпеку, профтехсанітарію науковців тощо.

Організація колективної праці в дослідженнях, що проводяться в науково-дослідних установах, науково-виробничих організаціях, лабораторіях, пов'язана з упорядкуванням трудових процесів і впровадженням планів НОП. Плани НОП у колективах, зайнятих дослідницькою діяльністю, містять організацію трудових процесів і робочих місць; забезпечення сприятливих умов праці; організацію праці за функціональним обслуговуванням робочих місць; нормування і матеріальне стимулювання; розвиток творчих здібностей і суспільної активності працівників.

У колективах, зайнятих науковими дослідженнями, є багато спільного з організацією будь-якої суспільної праці. Водночас існують деякі особливості її інтенсифікації, які полягають у нормування праці працівників, зайнятих дослідницькою діяльністю. Вивчення практики роботи НДІ та інших підрозділів, зайнятих науковими дослідженнями, показало, що "генератори" наукових ідей в колективах не перевищують 20% і їхня праця поки що не піддається нормуванню. Праця решти працівників, зайнятих дослідницькою діяльністю, піддається кількісному вимірюванню, що враховується в плануванні кількості працівників.

Раціональна організація праці в наукових дослідженнях ґрунтується на її плановості, яка втілюється в програмах, попередніх і робочих планах досліджень, індивідуальних планах і графіках виконання роботи. Складання програми досліджень, попереднього та робочого плану докладно розглянуто раніше.

Індивідуальний план складається кожним виконавцем на ту частину роботи, яка визначена йому в робочому плані. В індивідуальному плані відображається взаємозв'язок робіт, що виконуються іншими виконавцями, визначаються передбачуваний результат та його реалізація, термін виконання роботи. Цей план затверджує керівник теми або розділу.

Графік виконання роботи складається на підставі робочого плану з урахуванням індивідуальних планів конкретних виконавців. У ньому зазначають терміни завершення робіт з кожного етапу, впровадження результатів і осіб, які відповідають за дотримання цих термінів. Його затверджує керівник підрозділу, відповідальний за виконання теми або проблеми в цілому.

Індивідуальний план і графік виконання роботи не є частиною організаційної стадії наукового дослідження, а тільки заходами організації праці в їх виконанні.

Рациональний трудовий режим дослідника ґрунтується на поєднанні психофізичних функцій людини, розумової праці та трудових навичок у пізнавальній діяльності.

Прищеплення трудових навичок у проведенні наукових досліджень забезпечує необхідну ефективність роботи дослідника. Відомо, що ефективність будь-якої праці, зокрема розумової, залежить від працездатності, ставлення людини до праці з визначеним ступенем обережності. У розумовій праці ефективність залежить від таких чинників:

- *внутрішніх* (інтелектуальних здібностей, особливостей волі, стану здоров'я, ступеня тренування в цій праці тощо);
- *зовнішніх* (стану зовнішнього середовища, організації робочого місця, режиму праці і відпочинку);
- *організації праці*;
- *розумового навантаження*.

Дослідження показали, що впродовж дня працездатність змінюється. Найбільш плідним є так званий ранковий пояс (з 8 до 15 години), причому максимальна працездатність припадає на 10-13 години; потім післяобідній (з 16 до 19 години) і вечірній (з 20 до 22 години). Ступінь уваги та ефективності запам'ятовування змінюється в бік зменшення та уповільнення наприкінці кожного поясу. Тому дуже важкий для запам'ятовування матеріал необхідно вивчати на початку кожного поясу.

На початковій стадії процесу існує період *настроювання, входження в роботу*. Саме в цей час встановлюються асоціативні зв'язки з раніше виконаними роботами за темою. Що більшою є звичка до систематичної розумової праці, то коротший період "впрацьовування" і швидше настане найпродуктивніший період — *"робоча установка"*.

На продуктивність розумової праці негативно впливають чинники, що відволікають, розпорошують увагу: шум, розмови, переміщення сторонніх осіб, невміння дослідника сконцентруватися на об'єкті дослідження. Ці

чинники треба враховувати в організації праці дослідника. Велике значення має також умовний "рефлекс на час". Тому, приступаючи до роботи, слід якомога точніше визначити її мету, обсяг і термін виконання. Для вироблення "рефлексу на час" необхідно систематично працювати, не вичікуючи, коли виникне бажання, з'явиться натхнення.

Досліднику, особливо початківцю, необхідно встановити самоконтроль не тільки за обсягом виконуваної роботи, а й за її новизною. Наприкінці робочого дня слід аналізувати зроблене за день, які нові наукові знання зроблено, з якими теоріями, концепціями, аксіомами, гіпотезами ознайомлено, їхня кількість повинна неухильно переходити в якість знань з досліджуваної проблеми — наукову новизну виконаної роботи. Таким чином відпрацьовується дисципліна і самодисципліна праці, що є гарантією виконання робіт у встановлений термін.

Велике значення для продуктивності розумової праці має звичка до місця роботи, робоча обстановка. До поняття робочої обстановки входить робоче приміщення (кімната, кабінет, лабораторія, бібліотека); робоча зона (письмовий стіл, стілець, шафа, стелаж тощо) і розміщення предметів у ній, температура і вологість повітря навколишнього середовища, освітлення (природне, штучне); звукове поле (шум, вібрація).

Для забезпечення стійкої продуктивності розумової праці необхідно чергувати її з виробничими паузами. Не можна працювати довго без перерви, оскільки це знижує інтерес, призводить до надмірної перевтоми. Можна порадити робити перерви через кожні 1-1,5 години роботи, через години роботи відпочинок повинен бути тривалим — 0,5-1 година. Слід пам'ятати, що відпочинок буває пасивним і активним. Для працівники розумової праці важливо, щоб відпочивала центральна нервова система (мозок) і органи чуттів. Мозок відпочиває найкраще, коли немає зовнішніх подразників, тобто коли людина спить. Тільки сон є повним відпочинком.

Згідно з вимогами гігієни сну слід лягати і вставати у чітко визначений час, припиняти напружену розумову працю не менш як за 1,5-2 години до сну.

Для активного відпочинку при розумовій праці необхідне фізичне навантаження, оскільки вона майже виключає його, тому фізична культура і спорт вкрай необхідні для боротьби з утомою у розумовій праці. Ранкова гімнастика, ходіння пішки, прогулянки перед сном, фізкультпаузи впродовж робочого дня — все це сприяє високопродуктивній праці наукового працівника.

Кожному працівникові, зайнятому розумовою працею, необхідно організувати робоче місце — закріпити за працівником частину виробничої площі, забезпечити згідно з вимогами технологічного процесу обладнанням інструментами, пристосуваннями та іншими засобами праці.

Організація робочого місця тісно пов'язана з формами і методами організованої праці. Цей взаємозв'язок виражений в організації трудового процесу, бо, здійснивши раціоналізацію прийомів праці, можна ліквідувати надмірне фізичне навантаження наукового працівника, досягти скорочення та уповільнення рухів, а також визначити потребу в оснащенні робочого місця пристроями і пристосуваннями, що сприяють економії робочого часу. Правильно організувати робоче місце — це означає забезпечити його згідно із спеціалізацією і технологічним призначенням, а також з урахуванням існуючого рівня технічного прогресу — обладнанням, інвентарем і виробничими меблями, засобами зв'язку і оргтехніки; налагодити безперебійне ритмічне обслуговування робочого місця іншими службами матеріальним і інформаційним забезпеченням; створити сприятливі умови для виконання трудових процесів. Матеріально-технічні засоби повинні бути розміщені в зоні робочого місця згідно із змістом виконуваної роботи і вимогами раціональних трудових прийомів. Забезпечення сприятливих умов передбачає створення фізіолого-гігієнічного комфорту для виконання науково-дослідних

процедур. Дослідники впродовж 7-8 годин на добу працюють, сидячи за столом. Тому дуже важливо, щоб габаритні розміри його відповідали вимогам НОП. Дослідження показують, що висота конторського стола має відповідати висоті ліктів людини у положенні сидячи, висота стільця - висоті колінного суглоба над підлогою, беручи до уваги висоту підборів. Сидіння стільця не повинно бути пласким. Незначне заглиблення підвищує зручність для робочої пози дослідника. Зручнішими та гігієнічними є стільці з м'якими сидіннями. Спинка стільця має бути широкою і вигнутою за формою спини людини.

На столі не повинно бути нічого зайвого. Оскільки погляд працюючого здебільшого спрямований на лівий бік стола, на ньому розміщують ще не виконані документи, а праворуч — виконані. Розташовуючи столи у робочому приміщенні дослідників, слід виходити з цілей підвищення продуктивності праці за мінімуму витрат енергії. Одночасно беруть до уваги фізіолого-технічні фактори: кубатуру, площу, напрям денного світла та штучного що падає на стіл.

Освітлення є важливим фактором, що впливає на продуктивність праці дослідника. Добре освітлення дає змогу виконувати роботу, не напружуючись, що створює відчуття бадьорості, посилює зорове сприймання. І навпаки, за поганого освітлення розвивається стан пригніченості, з'являється роздратованість і знижується увага, що призводить до помилок у виконання науково-дослідних процедур.

Для працівників, зайнятих дослідженням, найсприятливішим є природне освітлення. Фізіологи стверджують, що за природного освітлення продуктивність праці на 10% вища, ніж за штучного. У робочих приміщеннях освітлення може бути бічним, верхнім і комбінованим.

Для забезпечення рівномірного постійного освітлення робочих місць часто використовують штучне освітлення. Як джерела штучного освітлення застосовують електричні лампи розжарювання і люмінесцентні.

Освітлення має бути достатнім і не миготіти, забезпечувати захист очей від прямого потрапляння світлових променів. Не повинно бути різких переходів від світла до тіні. Досить, якщо стіл 1,5 м завдовжки освітлюється однією настільною лампою потужністю 60 Вт, розташованою над ним на висоті 35 см. Настільну лампу ставлять зліва і трохи попереду від працюючого, у протилежному разі тінь від правої руки погіршує видимість і перешкоджає роботі. Світло має бути м'яким і не осліплювати. Щоб запобігти осліпленню яскравим світлом, лампу прикривають зеленим або білим матовим абажуром.

У сучасних умовах широко застосовують люмінесцентні лампи, відомі під назвою "лампи денного світла". За цих ламп стомлення очей настає пізніше ніж за звичайних ламп розжарювання, а продуктивність підвищується.

Краща гострота зору буває в разі білого освітлення, гірша — блакитного. Колір освітлення впливає не тільки на зір, а й на загальне самопочуття і працездатність.

Для більшої ефективності і природного, і штучного освітлення приміщення робочої кімнати рекомендують фарбувати у світлі тони. Причому що світліше пофарбування стін, то вища ефективність відбиття світла. Наприклад, коефіцієнт відбиття світла, що падає на поверхню білого кольору, — 0,9, світло-жовтого — 0,75, салатового — 0,7, червоного — 0,29, темно-синього — 0,09, чорного — 0,04.

Температурний режим за інших однакових умов також впливає на продуктивність праці. За низької температури в людини, яка працює сидячи, німіють кінцівки, зменшується швидкість рухів. Теплий одяг хоча й зменшує витрату внутрішнього тепла, створює незручність і загальмовує рухи, прискорює втомлення. Підвищена температура також негативно позначається на продуктивності праці — прискорюється дихання, збільшується потовиділення, з'являється почуття слабкості і кволості.

Оптимальним температурним режимом у робочих приміщеннях дослідників є 18—20°C.

У приміщеннях, де роботи виконують на обчислювальних машинах, в обмуровуванні стін і стелі використовують звукопоглинальні матеріали — перфоровані конструкції, акустичну штукатурку тощо.

Для забезпечення сприятливих умов праці на робочому місці дослідника необхідно, щоб повітря в кімнаті задовольняло вимоги гігієни. Від розмірів приміщення залежить чистота повітря. Незадовільним вважають повітря, яке містить 0,07% вуглекислоти. Для припливу свіжого повітря робоче приміщення рекомендують провітрювати через кожну годину роботи.

Робоча поза також є важливою передумовою правильної організації праці. Від неї залежить максимальна економія сил науковця. Фізіологи стверджують, що тривале щоденне повторення робочої пози працівника може бути причиною появи різних патологічних змін в організмі людини.

Багаторічні спостереження дають підставу зробити висновок, що неправильний вибір робочої пози призводить до розвитку у науковців кособокості. У переважної більшості їх після багаторічної праці праве плече вище від лівого. Під час роботи необхідно стежити за правильним положенням корпусу тіла і ніг. Є певні рекомендації фізіологів щодо робочої пози науковців, якої слід дотримуватися. Робочу позу науковця вважають правильною, якщо коліна в положенні сидючи розміщуються під робочою площиною (столом).

З віком еластичність кришталика ока зменшується і до 40-45 років настільки слабне, що виконувати роботи на нормальній відстані від очей (30-35 см) стає неможливо. Тому за перших ознак вікової далекозорості необхідно звертатися до лікаря. Дослідження показують: що раніше науковець почне працювати в окулярах, то краще зберігається зір.

Однак навіть правильний вибір робочої пози не дасть бажаних наслідків, якщо науковці не виконуватимуть під час виробничої паузи фізичних вправ. Експерименти показують, що впродовж робочого дня всі працівники повинні двічі робити виробничу гімнастику з одночасною вентиляцією приміщення. З підвищенням продуктивності праці виробнича гімнастика сприяє поліпшенню загального стану організму і підвищує його опірність інфекційним захворюванням.

Заходи НОП на робочому місці науковця містять не лише санітарно-гігієнічні умови (розмір робочої зони, чистота повітря, освітлення, температура, шум, вібрація), а й харчування, яке не повинно бути надмірним і відповідати витратам енергії працівника.

До найважливіших заходів НОП на робочому місці належать також виробнича естетика і культура праці.

Контрольні запитання і завдання

- 1. Наукова організація науково-дослідного процесу та її основні принципи.*
- 2. Поняття НОП у науково-дослідному процесі.*
- 3. Охарактеризуйте основні складники НОП.*
- 4. Що таке плани НОП?*
- 5. Чинники, від яких залежить ефективність розумової праці. Етичні норми і цінності науки.*

4.3 Етичні норми науки та принципи академічної доброчесності

У науці, як і в будь-якій сфері людської діяльності, взаємини між тими, хто в ній зайнятий, та дії кожного з них підкоряються певній системі етичних норм, які визначають, що припустимо, а що вважається неприпустимим для вченого в різних ситуаціях. Ці норми виникають і розвиваються під час розвитку самої науки; вони є результатом свого роду

"історичного відбору", який зберігає тільки те, що необхідно науці та суспільству на можному етапі історії.

У нормах наукової етики знаходять своє відображення, по-перше, загальнолюдські моральні вимоги та заборони, пристосовані для особливостей наукової діяльності. Наприклад, як щось схоже до крадіжки оцінюють у науці плагіат (коли людина видає за свої наукові ідеї та результати, отримані кимось іншим); брехнею вважається свідоме викривлення (фальсифікація) даних експерименту.

По-друге, етичні норми науки утверджують і захищають специфічні, характерні саме для науки цінності. Першою з-поміж них є *безкорисний пошук! доведення істини*. Широковідомі, наприклад, слова Аристотеля: "Платон мені друг, але істина дорожча", сенс яких в тому, що у своєму прагненні до істини вчений не повинен рахуватися ні з власними симпатіями та антипатіями, ні з будь-якими іншими зовнішніми обставинами. Історія науки, як і історія людства, із вдячністю пам'ятає імена подвижників, які не зрікалися своїх поглядів перед лицем найтяжчих випробувань і навіть самої смерті.

У повсякденній науковій діяльності зазвичай буває непросто одразу оцінити отримане знання як істину або як помилку. І ця обставина знаходить відображення в нормах наукової етики, які не вимагають, щоб результат кожного дослідження неодмінно був істинним знанням. Вони потребують лише того, щоб цей результат був *новим знанням* і так чи інакше — логічно, експериментально та ін. — *обґрунтованим*. Відповідальність за дотримання такого роду вимог лежить на самому вченому, і він не може переадресувати її комусь іншому. А для цього він повинен добре знати все те, що зроблено і робиться в його галузі науки; оприлюднюючи результати своїх досліджень, чітко зазначати, на які дослідження попередників і колег він спирався, і саме на цьому тлі показувати те нове, що відкрив і розробив він сам. Крім того, вчений

повинен навести ті докази та аргументи, за допомогою яких він обґрунтував свої результати, і дати вичерпну інформацію, що дозволяла б провести незалежну перевірку його результатів.

Норми наукової етики зрідка формулюються у вигляді спеціальних законів і кодексів, зазвичай вони передаються молодим дослідникам від їхніх вчителів і попередників. Однак спеціалісти в галузі філософії та соціології науки займаються виявленням, описом та аналізом цих норм. На сучасному етапі виділяються чотири основоположні цінності науки.

Перша з них — *універсалізм* — це впевненість у тому, що природні явища, що вивчаються наукою, усюди протікають однаково і що істинність наукових тверджень повинна оцінюватися незалежно від віку, статі, раси, авторитету, титулів і звань тих, хто їх формулює. Таким чином, універсалізм стверджує, що висновки відомого вченого повинні підлягати не менш ретельній перевірці та критиці, ніж результати його молодого колеги.

Друга цінність — *спільність володіння* — вимагає, щоб наукове знання вільно ставало загальнолюдським надбанням. Той, хто вперше отримав його, не може монополювати ним. Оприлюднюючи результати дослідження, вчений не тільки доводить свій пріоритет і виносить отриманий результат на суд критики, але й робить його відкритим для подальшого використання всіма колегами.

Третя цінність — *безкорисність*, коли первісним стимулом діяльності вченого є пошук істини, вільний від міркувань особистої вигоди (слави, грошової винагороди). Визнання і винагорода повинні розглядатися як можливі наслідки наукових досягнень, а не як мета, задля якої провадять дослідження.

Четверта цінність — *організований скептицизм*: кожен вчений є відповідальним за оцінку якості того, що зроблено його колегами, і за те, щоб сама оцінка стала загальновідома. Вчений, який спирався у своїй

роботі на неправильні дані, запозичені з робіт його колег, не звільняється від відповідальності, тому що він сам не перевіряв їхню точність. З цієї вимоги випливає, що в науці неприпустимо сліпо довірятися авторитету попередників, хоч би якому високому. У науковій діяльності однаково необхідні і повага до того, що зробили інші вчені, і критичне ставлення до їхніх результатів. Більше того, вчений повинен не тільки мужньо обстоювати свої наукові погляди, використовуючи для цього всі доступні йому засоби логічної та емпіричної аргументації, але й мужньо відмовитися від цих поглядів, якщо буде доведено їхню хибність.

Проведений соціологами та істориками науки аналіз довів, що наявність такого роду норм (навіть не саме цих, а схожих з ними) дуже важлива для існування та розвитку науки, для самоорганізації наукової діяльності. Безумовно, трапляються випадки порушення цих норм. Але той, хто їх порушує, ризикує рано чи пізно втратити повагу й довіру своїх колег і до себе особисто, і до своїх наукових результатів. Наслідком цього може стати повне ігнорування його наукової діяльності іншими дослідниками, він, по суті, залишиться поза наукою. А тим часом визнання колег є для вченого вищою нагородою, зазвичай вагомішою, ніж матеріальна винагорода. Особливість наукової діяльності в тому й полягає, що результативною вона стає лише тоді, коли визнана, і результати її використовують інші вчені для отримання нових знань.

Окремі порушення етичних норм науки хоча й можуть зумовити деякі труднощі в розвитку тієї чи іншої галузі знань, загалом усе ж приносять більше неприємностей самому порушнику, ніж науці в цілому. Однак коли такі порушення набувають масового характеру, під загрозою опиняється вже сама наука. Тому наукова спільнота прямо зацікавлена в збереженні клімату довіри, оскільки без цього був би неможливим подальший розвиток наукових знань, тобто прогрес науки.

Етичні норми охоплюють різноманітні аспекти діяльності вчених: процеси підготовки й проведення досліджень, публікації наукових результатів, наукові дискусії, коли стикаються різні погляди. У сучасній науці особливої гостроти набули питання, що стосуються не так норм взаємодії членів наукової спільноти, як питання взаємин науки і вченого із суспільством. Це коло питань часто визначають як проблему *соціальної відповідальності вченого*.

За всієї своєї сучасності та актуальності проблема соціальної відповідальності вченого має глибоке історичне коріння. Від первісних джерел наукового пізнання віра в силу розуму супроводжувалася сумлінням: як будуть використані його творіння; чи є знання силою, що підкоряється людині, і чи не обернеться воно проти неї? Широковідомі слова біблійного проповідника Еклезіаста: "...у великій мудрості велика печаль; і хто помножує пізнання, помножує скорботу".

Питання про співвідношення істини і добра порушували ще з античних часів. Сократ вчив, що за природою своєю людина тягнеться до добра, а якщо й творить зло, то тільки за необізнаністю. Таким чином пізнання визнавалося, з одного боку, необхідною умовою благого, доброго життя, а з іншого — одним з головних його складників. До наших часів така висока оцінка пізнання, вперше обґрунтована Сократом, залишалася і залишається в числі основоположних, на які спирається європейська культура. І хоч би як були впливові в різні часи історії сили невігластва і забобонності, традицію Сократа, що стверджує гідність і суверенність розуму й етично виправдовує пізнання, було продовжено.

Проте сократівське вирішення питання не раз викликало суперечки. Наприклад, вже в нові часи, у XVIII столітті, Ж.Ж.Руссо висловлював думку про те, що розвиток науки жодною мірою не сприяє моральному прогресу людства.

Це лише деякі моменти історичного досвіду людства, що стає таким необхідним сьогодні, коли гостро постали проблеми неоднозначності, а часом і небезпечності соціальних наслідків науково-технічного прогресу. Ця обставина вимагає по-новому розглядати питання взаємозв'язку свободи і відповідальності в діяльності вчених. Упродовж віків багатьом з них словом і ділом доводилося обстоювати принцип свободи наукового пошуку. І дотепер відповідальність виступала передусім як відповідальність за отримання та поширення перевірених, обґрунтованих знань. Нині ж принцип свободи наукового пошуку повинен розглядатися в контексті далеко неоднозначних наслідків розвитку науки, з якими доводиться мати справу людям. У сучасних дискусіях із соціально-етичних проблем науки поряд із захистом нічим не обмеженої свободи дослідження представлено й діаметрально протилежний погляд, що пропонує жорстко регулювати плин розвитку науки. Між цими граничними позиціями лежить широкий діапазон думок про можливість і бажаність регулювання науки і про те, як при цьому повинні погоджуватися інтереси самого дослідника, наукової спільноти і суспільства в цілому. Ідея необмеженої свободи дослідження, яка була, безперечно, прогресивною впродовж багатьох століть, зараз вже не може сприйматися безумовно, без урахування соціальної відповідальності, з якою повинна бути нерозривно пов'язана наукова діяльність.

Справа в тому, що бурхливий, безпрецедентний за своїми темпами і розмахом науково-технічний прогрес є однією з найбільш очевидних реальностей нашого часу. Саме на науку спирається складний механізм сучасного розвитку, і країна, яка не в змозі забезпечити достатньо високі темпи науково-технічного прогресу і використання його результатів у різних сферах суспільного життя, потрапляє в залежний, підпорядкований стан у світі.

Водночас наука висуває перед людством чимало нових проблем і альтернатив. Ще в недавньому минулому прийнято було вважати науково-технічний прогрес мало не єдиною опорою загального прогресу людства. Це позиція сцієнтизму, тобто уявлення про науку, особливо про природознавство, як про найвищу, навіть абсолютну соціальну цінність.

Нині ж багато хто зовсім відкидає гуманістичну сутність розвитку науки. Поширюється думка про те, що цілі науки та суспільства в наш час відокремлені і зайшли у суперечність, що етичні норми сучасної науки мало не протилежні загальнолюдським соціально-етичним і гуманістичним нормам і принципам, а науковий пошук давно вийшов з-під морального контролю.

За всієї протилежності позиції сцієнтизму та антисцієнтизму містять і дещо загальне. Сцієнтизм заснований на сліпій вірі в науку; антисцієнтизм обумовлений сліпим страхом перед нею. Чого не вистачає обом цим позиціям і що так необхідне сьогодні не тільки вченому, а й кожній людині, з усіх боків оточеній витворами науково-технічного прогресу, — це передусім раціонального ставлення до науки та наукового мислення.

Науково-технічний прогрес, як і будь-який історичний розвиток, необоротний, і всілякі заклинання з цього приводу не в змозі його зупинити. Єдине, що вони можуть породити, — це накопичення і закріплення відставання, малорозвиненості суспільства, де такі заклинання набувають ваги. Таким чином, конкретне спрямування науково-технічного прогресу, науково-технічні проекти і рішення, що стосуються інтересів сучасних і майбутніх поколінь, — все це потребує широкого, демократичного і водночас компетентного обговорення.

Цим і визначається сьогодні соціальна відповідальність вченого. Досвід історії переконує, що знання — це сила, що наука відкриває людині джерело невичерпної могутності і влади над природою. Але наслідки науково-технічного прогресу бувають дуже серйозними і далеко не завжди

сприятливими для людей. Тому, діючи з усвідомленням своєї соціальної відповідальності, вчений повинен враховувати всі можливі небажані ефекти, які потенційно закладені в результатах його досліджень, бо саме він завдяки своїм професійним знанням найкраще підготовлений до такого передбачення і може зробити його раніше, ніж будь-хто інший. Поряд із цим соціальне відповідальна позиція вченого вимагає, щоб він максимально широко і в доступних формах сповіщав громадськість про можливі небажані ефекти, про те, як їх можна уникнути, ліквідувати або зменшити. Тільки ті науково-технічні рішення, які прийнято на основі достатньо повної інформації, можна вважати в наш час соціальне і морально виправданими. Це й підтверджує величезну роль вчених у сучасному світі, бо саме вони володіють тими знаннями і кваліфікацією, які необхідні не тільки для прискорення науково-технічного прогресу, а й для того, щоб спрямовувати цей прогрес з максимальною користю для людини і суспільства.

4.4 Основні терміни і поняття в наукових дослідженнях

Абстрагування — науковий метод, за якого здійснюється розумове відокремлення від низки несуттєвих властивостей, зв'язків, відносин предметів і виділення окремих сторін об'єкта для дослідження. Здійснюється поетапно: спочатку вивчають характеристики об'єкта і поділяють на суттєві й несуттєві, потім об'єкт дослідження замінюють іншим, який становить спрощену модель, що зберігає головне в складному. Основні види: *ототожнення* (створення нових понять способом об'єднання предметів або явищ, взаємопов'язаних за своїми властивостями, в особливий клас); *ізолювання* (виділення властивостей, невідривно пов'язаних з предметами); *конструктивізація* (відокремлення від невизначеності меж реальних об'єктів); припущення про *потенційне здійснення*.

Аксіома — деяке вихідне твердження, інтуїтивно очевидне або апріорі істинне, же приймається без доказів як опорне в деякій теорії і з якого (або сукупності яких) виводяться всі інші положення цієї теорії в межах прийнятих у ній правил виведення.

Аксіоматизація — процес побудови наукової теорії, за якого деякі твердження-аксіоми, що є певними науковими знаннями, приймають без подальших доказів, а потім використовують як відправні початкові положення для отримання нових знань за певними логічними правилами.

Аналіз — метод пізнання, за якого виконують практичне або розумове розчленування об'єкта дослідження на його складники з метою дослідження окремих частин як елементів складного цілого. Це дає змогу виявити структуру об'єкта, відокремити суттєве від несуттєвого, звести складне до простого. Аналіз явища в процесі розвитку дає можливість виділити в ньому окремі етапи, суперечливі тенденції тощо. Мета аналізу — пізнання окремих частин об'єкта як елементів складного цілого. Умовою всебічного пізнання об'єкта дослідження є багатогранність його аналізу. Нерозривно пов'язаний із **синтезом** — зворотним процесом об'єднання в одне ціле частин, ознак, властивостей об'єкта, визначених за допомогою аналізу.

Аналогія — науковий метод, за якого висновок про предмет або явище роблять на підставі його схожості з іншими, вже відомими. Звичайна схема умовиводу за аналогією: об'єкту А властиві ознаки а, b; c, d, e; об'єкту В — ознаки b, c, d, e, отже, об'єкту В, імовірно, властива ознака а. Обов'язкові умови при дослідженні за аналогією:

- аналогія повинна базуватися на суттєвих ознаках і якнайбільшій кількості схожих характеристик об'єктів порівняння;
- зв'язок ознаки, щодо якої роблять висновок, зі знайденими в об'єктах загальними ознаками повинен бути дуже тісним;
- аналогія не повинна вести до висновку про схожість об'єктів в

усіх ознаках;

- висновок за аналогією повинен доповнюватися дослідженням відмінностей і доказами того, що ці відмінності не можуть слугувати підставою для відмови від висновків за аналогією.

Анотування — процес аналітико-синтетичного опрацювання наукового документа, що полягає в складанні стислої характеристики змісту і призначення документа, основної його теми і мети виконаної роботи. Результатом цього процесу є *анотація*.

Бібліографічний опис — і процес, і результат аналітико-синтетичного опрацювання наукових документів, що полягає в складанні за встановленими правилами переліку відомостей про документ, які дають змогу повністю визначити цей документ і знайти його серед інших з метою використання його в різних видах праць.

Брошура — друковане видання обсягом від 5 до 48 сторінок.

Вимірювання — фізичний процес визначення чисельного значення деякої величини способом порівняння її з еталоном.

Впровадження результатів наукових досліджень — передавання на виробництво або в повсякденну практичну діяльність наукової продукції (звітів, інструкцій, технічних умов, технічних проектів, тимчасових вказівок та ін.), що забезпечує техніко-економічний ефект, у зручній для реалізації формі (НДР перетворюється на продукт лише з моменту її "споживання" виробництвом).

Головна функція науки — розвиток системи знань, яка сприяє найбільш раціональній організації виробничих відносин і використанню виробничих сил в інтересах всіх членів суспільства. Розкладається на низку конкретних функцій: *пізнавальну* — задоволення потреб людей у пізнанні законів природи і суспільства; *культурно-виховну* — розвиток культури, гуманізація виховання і формування нової людини; *практично-діючу* — удосконалення виробництва і системи суспільних відносин.

Гіпотеза — система умовиводів, наукових припущень, за допомогою яких на підставі низки фактів робиться висновок про існування об'єкта, зв'язку або причини явища, і цей висновок не є абсолютно достовірним. Потреба в гіпотезі виникає в науці тоді, коли незрозумілий зв'язок між явищами, причина їх, хоча відомо багато обставин, що передують або супроводжують його; коли за деякими характеристиками сучасного треба встановити картину минулого; на підставі минулого і сучасного треба зробити висновок про майбутній розвиток явища. Гіпотеза має ймовірний характер і потребує перевірки, доведення. Після такої перевірки гіпотеза або стає науковою теорією, або видозмінюється.

Гіпотетичний метод — науковий метод дослідження, що базується на гіпотезі — науковому припущенні, яке висувається для пояснення певного явища потребує перевірки й теоретичного обґрунтування для того, щоб стати достовірно-науковою теорією. Застосовують у дослідженні нових явищ, що не мають аналогів.

Дисертація на здобуття вченого ступеня — кваліфікаційна наукова праця, виконана особисто здобувачем у вигляді спеціально підготовленого рукопису опублікованої наукової монографії. Містить науково обґрунтовані теоретичні або експериментальні результати, наукові положення, висунуті автором для публічного захисту, характеризується єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувача в науку.

Доведення — процедура встановлення істинності гіпотези або будь-якого іншого твердження. Можливі два способи: *безпосередній*, який полягає в тому, що в процесі практичних дій відбувається зіставлення деякого припущення з фактичним станом об'єкта дослідження (наприклад, спостереження, експеримент, демонстрація, вимірювання, розрахунки, облік та інші); *опосередкований*, коли істинність гіпотези або твердження доводять способом умовиводів на основі вже наявних знань у вигляді різних законів і положень, істинність яких уже доведено. У структурі

доказів виділяють *тезу* — точно і чітко сформульоване твердження, що підлягає доведенню, *аргумент* — положення, яке використовують для доведення й істинність якого встановлено раніше, і *форму* — спосіб зв'язку аргументів між собою та тезою, логічну послідовність переходу від аргументу до аргументу, а потім до тези.

Докторська дисертація — кваліфікаційна наукова робота, в якій сформульовано і обґрунтовано наукові положення, що характеризуються як новий напрям у відповідній галузі науки, або здійснено теоретичне узагальнення і вирішення наукової проблеми, що має велике народногосподарське та соціально-культурне значення.

Документ — матеріальний об'єкт, що містить фіксовану інформацію для її збереження і використання.

Документ друкований — друкована продукція, яка становить певний вид наукового документа, що пройшов редакційно-видавниче опрацювання (книжки, журнали, брошури).

Документ науковий — носій, в якому зафіксовано наукові дані або науково-технічну інформацію з обов'язковим посиланням на те, де, ким і коли його було створено. Наукові документи поділяють на *первинні*, що містять безпосередні результати наукових досліджень і розробок, нові наукові дані або нове осмислення відомих ідей і фактів, та *вторинні* — результати аналітико-синтетичного і логічного опрацювання одного або кількох первинних документів або відомостей про них.

Документ рукописний, або друкарський, — носій інформації, який не проходив редакційно-видавничого опрацювання і не був виданий засобами поліграфії (науково-технічні звіти, документи обліку господарської діяльності, дисертації).

Економіка науки — розділ наукознавства, який досліджує взаємодію науки і виробництва, створює передумови для узагальнення практичного досвіду, його теоретичного осмислення і впливу на виробництво.

Економічна ефективність наукових досліджень — у широкому розумінні становить зменшення витрат суспільної та живої праці на виробництво продукції в тій галузі, де впроваджуються закінчені науково-дослідні роботи та дослідно-конструкторські розробки (НДР і ДКР).

Експеримент — науковий метод дослідження явищ способом активного впливу на них за допомогою створення нових умов відповідно до мети дослідження або ж через спрямування перебігу процесу в новому напрямі. Одні умови досліду ізолюються, інші виключаються, треті підсилюються тощо. За необхідності параметри експерименту можуть змінюватися таким чином, щоб дослідити окремі властивості об'єкта, а не їхню сукупність.

Збірник наукових праць — друкований науковий документ, що містить низку наукових матеріалів одного або кількох авторів.

Зміст науки — сукупність інтелектуальних надбань людства, що складається із: *теорії* як системи знань, яка є формою суспільної свідомості і досягнень інтелекту людини; *суспільної ролі* в практичному використанні рекомендацій для виробництва благ, що є життєвою необхідністю людей.

Знання — вищий рівень інформації, що функціонує в суспільстві, особливим чином перетвореної і опрацьованої людиною, у результаті чого інформація отримує суть і значення, набуває знакової форми або представляється в цій формі за допомогою інших знань, уже накопичених у пам'яті людства. **Ідеалізація** — науковий метод, що базується на створенні певних абстрактних об'єктів, які принципово не можуть бути здійсненими в досліді та реальності. Ідеалізовані об'єкти є граничними випадками тих чи інших реальних об'єктів і виступають як засоби їхнього наукового аналізу, основа побудови теорії реальних об'єктів, наприклад: пряма, ідеальний розчин, ідеальний газ, абсолютно чорне тіло тощо.

Індукція — метод дослідження, за якого загальний висновок про характеристики множини елементів роблять на підставі вивчення цих характеристик якоїсь частини елементів цієї множини, забезпечуючи можливість переходу від поодиноких фактів до загальних положень. У реальному пізнанні індукція завжди виступає в єдності з **дедукцією** — науковим методом, за якого висновок про характеристики будь-якого елементу множини роблять на підставі пізнання загальних характеристик всієї множини.

Інформатика — наукова дисципліна, що вивчає структуру і загальні властивості наукової інформації, закономірності всіх процесів наукової комунікації, особи представлення інформації; використання кодів для ефективної передачі, зберігання і пошук інформації; обчислювальні машини та їхнє програмне, математичне забезпечення тощо. Має свою теорію, що вивчає предмет безвідносно до його використання, і прикладну частину, спрямовану на розвиток інформаційних послуг.

Інформація нова — інформація, що відображує новизну запропонованого рішення або обґрунтовує причину вад, виявлених дослідженням.

Інформація релевантна — інформація, зміст якої відповідає інформаційній потребі, міститься в аналогах, прототипі і стосується лише тієї частини досліджуваних об'єктів, де виявлено суттєві відмінності.

Інформаційне забезпечення — процес задоволення потреб конкретних користувачів в інформації, заснований на використанні спеціальних методів і засобів її отримання, опрацювання, накопичення та видачі в зручному для користувача вигляді.

Історія науки — розділ наукознавства, що становить накопичення наукових знань, які характеризують розвиток в історичному аспекті і окремих наук, і наукознавства в цілому.

Історичний метод передбачає дослідження виникнення, формування і розвитку об'єктів у хронологічній послідовності, у результаті чого створюються додаткові знання про об'єкт дослідження в процесі його розвитку.

Кандидатська дисертація — кваліфікаційна наукова робота, яка містить:

- нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретне наукове завдання, яке має суттєве значення для конкретного спрямування окремої галузі науки;
- нові науково обґрунтовані теоретичні або експериментальні результати, які в сукупності є суттєвими для розвитку конкретного напрямку окремої галузі науки.

Категорії — форми усвідомлення в поняттях загальних способів ставлення людини до світу, що відображають найбільш загальні та суттєві властивості, закони природи й суспільства.

Класифікація наук — у наукознавстві виконує функції групування наукових знань у певні системи, що сприяє уніфікації науки, її міжнародних зв'язків і прискоренню темпів розвитку.

Книжка — друкований багатосторінковий неперіодичний твір обсягом понад 48 сторінок.

Комплексна проблема — сукупність наукових проблем, комплексних теоретичних і практичних завдань, об'єднаних однією науковою ідеєю, спільною метою.

Конкретизація — науковий метод, який полягає в дослідженні предметів або явищ в усій якісній різнобічності реального їх існування. При цьому досліджується стан об'єктів у зв'язку з певними умовами їх існування та історичного розвитку.

Мета науки — опис, пояснення і передбачення процесів та явищ дійсності, що становлять предмет її вивчення на основі відкритих нею

законів; теоретичне відображення дійсності з метою використання в практичній діяльності людей.

Мета наукового дослідження — визначення конкретного об'єкта і всебічне достовірне вивчення його структури, характеристик з метою отримання і впровадження в практику корисних для людини результатів.

Метод — спосіб дослідження явищ, планомірний підхід до їх вивчення, послідовність дій у проведенні теоретичного дослідження або практичного здійснення якогось явища або процесу; у найзагальнішому значенні — спосіб, певним чином упорядкована діяльність і своєрідний інструмент для досягнення конкретної мети.

Методологія — філософське вчення про методи пізнання і перетворення дійсності, використання принципів світогляду в процесі пізнання і практиці; містить сукупність пізнавальних засобів, методів, прийомів, що застосовуються в певній науці, а також галузь знань, що вивчає засоби, передумови і принципи організації пізнавальної і практично-перетворювальної діяльності людини.

Мова науки — розділ наукознавства, який вивчає певну систему понять, за допомогою яких індивідуальні наукові знання перетворюються на колективне надбання.

Моделювання — науковий метод, який полягає в теоретичних і практичних діях, спрямованих на розробку і використання *моделей* — образів реальних об'єктів (процесів) у матеріальній чи ідеальній формі, які відображують суттєві властивості об'єктів (процесів), що моделюються, і заміщують їх в ході дослідження. Базується на методі *аналогії* — можливості вивчення реального об'єкта через дослідження подібного до нього і доступнішого, а саме моделі.

Монографія — друкований неперіодичний науковий документ, в якому подаються результати всебічного вивчення однієї проблеми чи теми

та який належить одному автору або невеликій групі авторів (колективна монографія).

Навчальні видання — неперіодичні видання, що містять систематизовані відомості наукового і прикладного характеру, викладені у формі, зручній для викладання і вивчення.

Наука — динамічна система знань, що розкривають нові явища в суспільстві і природі з метою використання їх у практичній діяльності людини.

Наукова інформація — інформація, яка адекватно відображає явища і закони природи, суспільства та мислення і використовується в суспільно-історичній практиці, отримана в результаті діяльності окремих науковців і спеціалістів або їхніх колективів, пройшла опрацювання та узагальнення абстрактно-логічними методами і зафіксована в системі точних понять, суджень, умовиводів, теорій, гіпотез.

Наукова організація праці (НОП) у науково-дослідному процесі — система заходів, спрямованих на вдосконалення методів і умов інтелектуальної праці, збереження здоров'я працівників на основі новітніх досягнень науки і техніки, що забезпечують найбільшу ефективність за найменших витрат розумової праці. НОП як система складається з окремих елементів: організації трудових процесів і робочих місць, забезпечення сприятливих умов праці, організації праці з функціонального обслуговування робочих місць, нормування і матеріального стимулювання, розвитку творчих здібностей працівників.

Наукова проблема — комплекс теоретичних і практичних завдань, необхідність вирішення яких постала перед суспільством; відображення суперечності між потребою в нових знаннях і відомими шляхами їх отримання (глобальна, національна, регіональна, галузева та ін.).

Наукова та науково-технічна експертиза — найбільш детальний та об'єктивний метод оцінки наукової діяльності та її результатів, метою якої

є дослідження, перевірка, аналіз науково-технічного рівня об'єкта експертизи і підготовка обґрунтованих висновків для прийняття рішень щодо таких об'єктів.

Наукове дослідження — вивчення явищ і процесів, аналіз впливу на них різноманітних чинників, а також вивчення взаємодії між явищами з метою отримання переконливо доведених і корисних для науки і практики рішень з максимальним ефектом.

Наукове питання — невелике наукове завдання, що стосується конкретної теми наукового дослідження. *Емпіричні завдання* спрямовані на виявлення, точний опис, докладне вивчення різних чинників досліджуваних процесів та явищ. *Теоретичні завдання* мають за мету виявлення та вивчення причин, зв'язків, залежностей, що дають змогу встановити поведінку об'єкта, визначити його структуру, характеристику на основі розроблених наукою принципів і методів пізнання.

Науково-дослідний процес — чітко організований комплекс дій, спрямований на отримання нових знань, що розкривають суть процесів і явищ у природі і суспільстві, з метою використання їх у практичній діяльності людей.

Науковий закон — внутрішній суттєвий і стійкий зв'язок явищ і процесів, що обумовлює їх впорядковані зміни і дає можливість достовірно передбачити перебіг цих явищ або процесів. Н.з. існує об'єктивно, незалежно від свідомості людей як відображення необхідних суттєвих, внутрішніх відносин між властивостями речей чи явищ або різноманітними тенденціями їх розвитку. Н.з. не створюється людиною, а лише виявляється, розкривається, формулюється таким чином, щоб відповідати реаліям об'єктивного світу, бути точним їх відображенням.

Науковий напрям — окрема наука або комплекс наук, у межах яких проводяться дослідження (технічний, біологічний, економічний та ін.), з

можливою подальшою деталізацією. Структурними одиницями наукового напряму є комплексні проблеми, теми, наукові питання.

Наукознавство — галузь досліджень, що вивчає закономірності функціонування і розвитку науки, структуру і динаміку наукової діяльності, взаємодію науки з іншими соціальними інститутами і сферами матеріального й духовного життя суспільства.

Огляд — результат аналітико-синтетичного опрацювання наукових документів, який становить текст, що містить синтезовану інформацію з якогось питання чи низки питань, вилучену з деякої множини спеціально підібраних з цією метою первинних документів, виданих за певний час. Розрізняють огляди: бібліографічні, реферативні, аналітичні. Бібліографічний огляд містить характеристику первинних документів як джерел інформації, що з'явилися за певний час або поєднаних за якоюсь загальною ознакою. Реферативний огляд містить систематизовані дані й факти та узагальнену інформацію про стан питання без їхньої критичної оцінки автором огляду. Аналітичний огляд — це всебічний аналіз усієї інформації, що міститься у вихідних первинних документах, аргументована оцінка та обґрунтовані рекомендації щодо використання цієї інформації.

Об'єкт наукового дослідження — певна частина дійсності — досить конкретний предмет або явище, на яке спрямовано пізнавальну діяльність дослідника з метою пізнання його суті, закономірностей розвитку і можливостей наступного використання в практичній діяльності.

Об'єкт наукового пізнання — весь матеріальний світ і форми його відображення у свідомості людей.

Порівняння — пізнавальний прийом, що полягає у зіставленні об'єктів з метою визначення рис схожості або відмінності між ними (або і того, і іншого разом). Порівняння є важливою передумовою узагальнення, багато важить в умовиводах за аналогією.

Постулат — твердження, попереднє припущення деякої наукової теорії, що береться в ній за вихідне і стає основою для великих теоретичних узагальнень.

Предмет науки — взаємопов'язані форми розвитку матерії або особливості їх відображення у свідомості людини.

Предмет наукового дослідження — окремий аспект існування об'єкта наукового дослідження: причини виникнення процесу або явища, закономірності його розвитку, різноманітні властивості, якості тощо.

Прикладні наукові дослідження — вид пізнавальної діяльності, спрямованої на визначення способів використання законів природи для створення нових і вдосконалення існуючих способів і засобів людської діяльності; встановлення того, як можна використовувати в практичній діяльності наукові знання, отримані результати фундаментальних досліджень.

Принцип — першооснова, провідна ідея, центральне поняття, що становить узагальнення і поширення якогось положення на всі явища тієї області знань, цей принцип виведено.

Психологічна інерція мислення — підсвідоме намагання діяти у згоді з попереднім досвідом і знаннями, використанням стандартних методів, впливом авторитетів, пов'язане зі страхом перед невдачею, опором критиці, надто високою самокритичністю та іншими внутрішніми бар'єрами.

Рахування — пізнавальний прийом — знаходження числа, що визначає кількісне співвідношення однотипних об'єктів або їхніх параметрів, що характеризують ті чи інші властивості.

Реферування — процес аналітико-синтетичного опрацювання документа, що полягає в стислому викладенні змісту первинного документа (або його частини) з основними фактичними даними та висновками. У процесі реферування виконується семантична компресія

(стискання) тексту. Результат цього процесу — реферат, який містить тему, предмет, об'єкт, мету, метод проведення роботи, отримані результати, висновки, сферу використання.

Розробка — процес і результат перетворення нової наукової та науково-технічної інформації, отриманої в результаті фундаментальних і прикладних досліджень, у форму, придатну для впровадження в практичну діяльність.

Рукопис депонований — науковий документ, виконаний індивідуально або у співавторстві, розрахований на обмежене коло користувачів і переданий на зберігання до відповідного органу науково-технічної інформації (в Україні — Інститут науково-технічної інформації і техніко-економічних досліджень).

Системний аналіз — науковий метод вивчення об'єкта дослідження як сукупності елементів, що утворюють систему; передбачає оцінку поведінки об'єкта як системи з усіма чинники, які впливають на його функціонування. Єдиної процедури проведення системного аналізу в наукових дослідженнях поки що немає, у ньому широко використовують методи системної динаміки, теорії ігор, евристичного програмування, імітаційного моделювання, програмно-цільового управління тощо.

Соціально-економічна ефективність наукових досліджень — можливість досягнення за рахунок упровадження результатів НДР і ДКР ліквідації важкої праці, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці; збереження та очищення довкілля.

Соціологія науки — розділ наукознавства, який вивчає вплив матеріально-виробничої діяльності, соціально-економічного ладу та ідеології на функції науки в суспільстві.

Спостереження — цілеспрямоване й організоване сприйняття зовнішнього світу за відсутності суттєвого впливу суб'єкта на об'єкт.

Можливе використання приладів та інструментів, що компенсує природну обмеженість органів сприйняття людини.

Стандарт — нормативно-технічний документ, що встановлює комплекс норм, правил, вимог до об'єкта стандартизації і затверджений компетентним органом. Містить технічні вимоги та умови, параметри й розміри, типи, конструкції, марки, сортаменти, правила приймання, методи контролю, правила експлуатації та ремонту, типові технологічні процеси та ін.

Творчість — мислення в його найвищій формі, що виходить за межі відомого, а також діяльність, що створює дещо нове і містить постановку або вибір завдання, пошук умов або способу його вирішення і, як результат, — створенні нового.

Тема наукового дослідження — складник наукової проблеми, вирішення якої дає змогу отримати відповіді на певну низку наукових питань, що охоплюють частину проблеми. Узагальнення результатів виконання комплексу тем у рамках наукової проблеми може дати її рішення в цілому.

Теорія — система узагальненого достовірного знання про той чи інший фрагмент дійсності, що описує, пояснює і передбачає функціонування деякої сукупності об'єктів, які становлять цей фрагмент. Т. є розумовим, духовним відображенням і відтворенням реальної дійсності.

Теорія науки — розділ наукознавства, що становить систему узагальненого знання про науку, основні напрями її розвитку, концепції та методологію.

Узагальнення — науковий метод, що становить логічний процес переходу від окремого до загального, виділення поняття, яке визначає те загальне, що характеризує об'єкти певного класу. Отримання

узагальненого знання означає глибше відображення дійсності, проникнення в її суть.

Формалізація — науковий метод, що полягає у відображенні об'єкта чи явища в знаковій формі деякої штучної мови (математики, хімії тощо), що дає можливість досліджувати реальні об'єкти та їхні властивості способом формального дослідження відповідних знаків.

Фундаментальні наукові дослідження — вид пізнавальної діяльності, спрямованої на відкриття та вивчення нових явищ і законів природи, на створення нових принципів дослідження, розширення наукового знання суспільства, встановлення того, що може бути використано в практичній діяльності людини.

Контрольні запитання і завдання

1. *Які чинники впливають на формування наукової етики?*
2. *Розкрийте основоположні цінності науки.*
3. *У чому полягає проблема соціальної відповідальності вченого?*

5 ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Метою комп'ютерного практикуму є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти. процесі вивчення кредитного модуля. Зміст практикуму спрямований на одержання досвіду використання методів комп'ютерної обробки експериментальних даних науково-пошукового дослідження.

5.1 Практична робота 1. Наукова публікація. Види. Поняття. Функції. Структура

Мета: засвоєння фундаментальних навичок аналізу та планування наукової публікації.

Стислі теоретичні відомості.

Завершенням будь-якої дослідницької роботи є представлення результатів у тій формі, що прийнята науковим співтовариством.

Наукова публікація (від лат. – publicato – оголошую всенародно, виявляю) – це робота, створена в результаті наукових досліджень, теоретичних узагальнень, зроблених у рамках наукового методу. Це доведення інформації до спільноти за допомогою ЗМІ та розміщення у наукових друкованих виданнях. Наукова публікація призначена для інформування вчених, дослідників та фахівців про останні досягнення в різних галузях науки, а також закріплення паритету на відкриття. На сьогоднішній день наукова робота не вважається завершеною, доки вона не опублікована.

Існує¹ безліч видів наукових публікацій – це тези, наукові статті, монографії та інші. Найбільш важливою з них вважається стаття, яка може

¹ <https://www.sciencefiles.ru/section/36/>

бути опублікована у спеціалізованому періодичному (рідше неперіодичному) виданні. Інші форми наукових публікацій або відрізняються великим обсягом і тому друкуються рідко (наприклад, монографії) або недостатньо інформативні, як тези доповідей на конференції.

Підготовка до написання статті має починатися з відповіді на питання про *мету* роботи. У публікації можуть бути викладені нові результати досліджень або проведено аналіз раніше надрукованих робіт для обґрунтування певного стану проблеми. Ще один варіант статті – огляд літератури з певної теми. Кожен із цих типів статей має свої особливості. Наприклад, в «експериментальних» статтях слід якомога повніше наводити інформацію, з якої читачі зможуть адекватно оцінити якість проведеного наукового дослідження. Що стосується огляду літератури, у ньому автор дає зріз наукових знань певному етапі їх розвитку.

Створення будь-якої наукової публікації вимагає від вченого дотримання низки *правил*, покликаних захистити читача від неякісних робіт. Перше, про що має задуматися дослідник – чи *варто публікувати свої результати*. Ще до того, як почнеться сам процес написання, необхідно відповісти на кілька питань. Тільки після позитивної відповіді на них є сенс приступати до безпосередньої роботи над текстом.

- Чи матеріал представляє науковий інтерес?
- Чи відповідають одне одному поставлені завдання, методи роботи та висновки, зроблені з отриманих результатів?
- Чи правильно застосовані методи збирання, обробки та аналізу даних?
- Чи є відповідність між зібраними даними та висновками, зробленими на їх основі?

Негативна відповідь на будь-яке з поданих вище питань говорить про те, що проведене дослідження не готове для його подання до друку. Можливо, потрібне виправлення недоліків, а, у крайньому випадку, навіть повторне виконання експериментів.

Стаття має відповідати загальноприйнятим нормам побудови наукової публікації, а також вимогам наукового стилю мовлення.

Основні характеристики наукового тексту – це *однозначність, об'єктивність і логічність*.

Однозначність розуміється як однакова інтерпретація тексту автором та читачами. Інакше кажучи, публікація не має вимагати додаткових пояснень і тлумачень для адекватного розуміння її сенсу. Для цього необхідно правильно використати наукові терміни.

Об'єктивність вимагає від автора об'єктивного викладу матеріалу: привнесення до наукової статті емоційних оцінок і висловлювань є неприпустимим.

Логічність публікації передбачає жорсткий смисловий зв'язок усіх рівнях тексту: від порядку слів у реченні до послідовності викладу думки і структури публікації.

Зміст статті має бути не лише логічним, однозначним та об'єктивним, а й легким для розуміння. Простота викладу досягається дотриманням правила, згідно з яким в одному реченні може міститися лише одна думка. Зазначене правило полегшує також виклад наукової публікації іноземною мовою.

Важливою є оригінальність тексту публікації. Якщо якась концепція запозичена в іншого дослідника, або є результатом розвитку певної запропонованої раніше ідеї, у тексті слід вказати посилання на джерело. Цитування у статтях забезпечує цілісність наукового співтовариства, тому

посилання інших авторів повинні однозначно вказувати на певну публікацію, щоб читач мав можливість ознайомитися з першоджерелом. При посиланні на конкретні результати чужих досліджень прийнято називати першоджерело, а не давати посилання на оглядові публікації. При цьому не допускається штучне збільшення списку цитованих робіт для надання більшої ваги власної публікації.

Кваліфікаційна робота – курсова робота, дипломна робота, дисертація тощо, призначені для того, щоб студент, аспірант або здобувач, надавши свою працю на суд експертів, отримав документ, що засвідчує рівень компетентності. Вимоги до таких робіт, способу їх оформлення та подання результатів викладені в інструкціях і положеннях, прийнятих вченими радами.

У будь-якій науковій публікації описується актуальність дослідження, мета і завдання дослідження, а також суть новаторства викладених ідей. Автор, публікуючи своє дослідження, закріплює за собою авторське право на ту чи іншу ідею.

Науково-дослідницька стаття – це логічне цільне дослідження. Публікація даної категорії, як правило, має таку структуру:

- вступ–гіпотези і причини, що спонукали розпочати дослідження, а також передбачувані результати дослідження;
- експеримент – опис методики, використаної для збору даних і проведення спостережень;
- результати та висновки.

Проведені дослідження відображуються в науково-дослідних роботах наочно – це одна з характерних особливостей наукового стилю публікованих статей. Це можуть бути таблиці, діаграми, графіки тощо.

Тези – короткий, логічно побудований текст, у якому відображені основні положення ідеї і результати роботи.

Постановка завдання. Вступ. Займає один-два невеликих абзаци, у яких описується актуальність теми, її важливість для сучасних галузей науки. По суті це характеристика тієї сфери, у якій ведеться дослідження.

Короткий огляд існуючих розробок, їхні недоліки. Після постановки завдання необхідно зробити короткий опис двох-трьох досліджень, безпосередньо пов'язаних з темою, і показати, які в них є слабкі місця, і що необхідно поліпшити у зв'язку з потребами виробництва, промисловості або науки.

Опис дослідження і основні результати. Цей розділ має давати відповіді на такі питання:

- що було виконано особисто, які наукові методи застосовувалися;
- скільки ставилося експериментів і які їх основні результати;
- у чому користь результатів роботи, який її науковий внесок;
- які перспективи впровадження розробки та у якому напрямі плануються подальші дослідження?

Висновки. У кінці робляться висновки з виконаної роботи, описуються подальші плани і напрями, у яких має сенс продовжувати наукові дослідження. Необхідність останнього звичайно обґрунтовується тим, що будь-яка робота має свої недоліки, а отже, її можна і потрібно покращувати.

Практичне завдання

І. Проаналізувати надану викладачем наукову статтю за таким алгоритмом:

1. Прочитати статтю один раз, не записуючи нічого. Перше читання необхідно використати у тому, щоб зрозуміти загальну концепцію матеріалу і отримати загальне розуміння про його зміст;
2. Перевірити значення термінів чи слів, які неясні у статті. Переконатися, що всі дані зрозумілі, перш ніж приступити до аналізу;
3. Написати коротке резюме статті обсягом 3-4 пропозиції. Якщо не зроблять цього, то перечитати статтю заново;
4. Перечитати статтю вдруге, уважно, роблячи нотатки у блокноті під час читання, щоб підкреслити основні дані;
5. Виділити основні тези у статті: головний результат та засоби його досягнення.

II. Згідно з обраним напрямом наукового дослідження написати наукову роботу (реферат):

1 Вибір теми наукового дослідження. 2 Формування та написання реферату. 3 Оформлення посилань і виносок.

III. Відповідно до отриманого індивідуального завдання та індивідуальної тематики наукового дослідження підготувати проект наукової публікації.

5.2 Практична робота 2. Робота з джерелами наукової інформації.

Мета: ознайомлення з видами інформаційного забезпечення наукової роботи, вирішення винахідницького завдання.

Стислі теоретичні відомості. Одним з ключових завдань наукового дослідження є отримання необхідної інформації про об'єкт, що вивчається.

Щоб знайти потрібну інформацію для вирішення якого-небудь конкретного завдання, доводиться «перебирати», зіставляти, аналізувати величезну кількість даних. Отримані факти і цифри мають пройти перетворення в певному контексті, корисному для дослідника, тобто перетворитися в інформацію. Проблема відбору та ідентифікації корисної інформації про досліджуваному об'єкту є першим кроком наукового дослідження.

Якість інформації в науковому дослідженні визначається за такими критеріями: цільове призначення, цінність, надійність, достовірність, достатність (повнота), швидкодія, періодичність, детермінований характер, дискретність, безперервність, спосіб і форма подання.

Документ – це діловий папір, що підтверджує який-небудь факт або право на що-небудь; це те, що офіційно засвідчує особу пред'явника; це письмові свідчення про що-небудь.

Практичне завдання

І. Зв'язати наведені в таблиці 1 види наукових документів з їхньою структурою.

Великій букві, що відповідає певному виду наукового документа, поставити відповідні цифри структури: первинний або вторинний науковий документ (наприклад АЗ.1).

Проаналізувати питання:

1. Інформаційні та бібліографічні джерела інформації, бібліографічна продукція;
2. Традиційні (друковані) бібліографічні посібники;
3. Нові форми інформаційних ресурсів.

Таблиця 1 – Видова структура наукових документів

Види документів	Первинний	Вторинний
А Книги, брошури	1) видання з продовженням, журнали, бюлетені, газети, відомості	1) Державні та галузеві стандарти, технічні умови, патенти та авторські свідоцтва на винаходи (у т. ч. і зарубіжні)
Б Періодичні видання	2) наукові звіти, наукові доклади, інформаційні відомості про проведення наукових конференцій, семінарів, симпозіумів	2) бібліографічні (картотека), реферативні (журнали та збірники), експрес- інформація, офіційні бюлетені, інформаційні листки, каталоги
В Спеціальні Наукові видання	3) монографії, довідники, матеріали конференцій, з'їздів, навчальні видання	3) бюлетені реєстрації НДР, збірники рефератів НДІ, ОКР, реєстраційні та інформаційні картки
Г Рукописні	4) нормативно- технічні документи, нормативно- виробничі довідки, рекламні видання, патентно-ліцензійні документи	4) бібліографічні, реферативні, оглядові видання, енциклопедії, словники, довідники

II. Прочитати надані викладачем наукові тексти та визначити: актуальність, об'єкт, предмет, мету, завдання дослідження.

III. Пошук у реферативних базах.

Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати пошук наукових публікацій в реферативних базах даних Scopus, Web of Science, CAS Source Index (CASSI) Search Tool

IV. Відповідно до отриманого індивідуального завдання оформити списки наукових джерел відповідно до чинних вимог ДСТУ², а також у стилях MLA (Modern Language Association) style, APA-1,2 (American Psychological Association) style, Chicago/Turabianstyle-1, Harvard style-1, ACS (American Chemical Society) style, AIP (American Institute of Physics) style, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) style, Vancouver style-1, OSCOLA, APS (American Physics Society) style-1, Springer MathPhys Style-1³.

V. Скласти стислий літературний огляд сучасного стану науки у відповідності до заданої тематики.

² <https://msu.edu.ua/library/wp-content/uploads/2019/02/prykłady-oformlennja-bibliografichnoho-opysu-zhidno-dstu-8302.pdf>

³ <https://pitt.libguides.com/citationhelp/mla8thedition>

ЧАСТИНА II. МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ І ЗАХИСТУ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ.

6 ПІДГОТОВКА І ЗАХИСТ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

6.1 Поняття та значення магістерської дисертації

Магістерська дисертація є кваліфікаційною випускною роботою, що готується самостійно особою, яка навчається у магістратурі та містить наукові розробки та практичні рекомендації.

Вимоги до магістерської дисертації

В ідеалі магістерська дисертація максимально повинна бути за своїми критеріями наближена до кандидатської дисертації. Проте вона здебільшого має описовий характер. В ній магістрант повинен дослідити розвиток наукової думки за певним напрямком дослідження, виявити проведені дослідження за обраною темою, отримані окремими науковцями, зібрати відомості про впровадження їх у практику та наслідки такого впровадження. По можливості слід встановити позитивні та негативні наслідки.

Вона повинна бути обсягом до 4 друкованих аркушів і містити вступ, розділи, розбиті на підрозділи, і закінчуватися висновками. У кінці роботи мають бути загальні висновки, бажано додатки, які відображають збалансування магістерської дисертації чи її основні положення, і закінчуватися списком використаної літератури.

6.2 Вибір та затвердження теми магістерської дисертації

Це важливий етап, що наперед зумовлює успіх подальшої роботи. Вибір теми здебільшого підпорядковано меті навчання у магістратурі: отримання лише магістерського ступеня як основної мети; магістерська підготовка та магістерська кваліфікаційна робота — ланка наукової роботи магістранта взагалі як етап до здобуття наукового ступеня кандидата наук.

Відповідно у першому випадку тема може бути достатньо розробленою в доктрині та на практиці і не мати подальших перспектив. Такий підхід допустимий, але не бажаний. Він переслідує лише найближчу

мету і не має продовження. У тому разі, якщо мета зміниться, доведеться обирати нову тему.

Критерії вибору теми магістерської дисертації:

— перспективність (дисертабельність). Вона визначається через тематику затверджених чи зареєстрованих координаційним органом за певним науковим напрямком тем. Так, із правничих наук координацію наукових досліджень здійснює Академія правових наук України, яка щорічно випускає довідково-аналітичне видання «Перелік тем дисертаційних досліджень з проблем держави та права». В ньому містяться як теми, з яких ведуться наукові дослідження, так і теми, що є проблемними за тими чи іншими критеріями: занадто загальне (широке) чи вузьке, некоректне, невдале, помилкове формулювання теми; розмитість теми та потреба у її конкретизації; розкриття теми неможливе в межах обсягу кандидатської дисертації; явна невідповідність встановленим вимогам; нечіткість визначення предмета та об'єкта дослідження; невідповідність зазначеній науковій спеціалізації чи потреба її додаткового аргументування; тема запізніла і за нею уже захищена чи подана до захисту дисертаційна робота; відсутність належного рівня актуальності; конкуренція із темою, що виконується в іншій науковій установі (збігаються назви); формулювання теми охоплює надто вузьке коло проблем (до речі, і саме зауваження АПрН України у такому формулюванні є не досить коректним, оскільки проблема має ряд проявів і розв'язань наукового завдання, що є достатнім для дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня кандидата наук); штучне звуження проблематики за рахунок надмірної спеціалізації проблеми: неактуальність та неперспективність; неналежність теми до наукової спеціальності; збіжність тем за формулюванням та предметом дослідження тощо;

— актуальність для вирішення вузьких завдань на практиці. Вона встановлюється через аналіз міждержавних та державних наукових

програм, планів законодавчих ініціатив, урядових та відомчих програм діяльності та планів наукових робіт, запити практиків тощо. Тому уже при виборі та проробці теми варто звернути увагу на конкретні розділи, пункти, підпункти програмних чи планових документів, що визначають актуальність та значимість розробки, а ще краще конкретизують її наслідки. Останнє може бути зроблено постановами колегій міністерств та відомств, з якими теж варто познайомитися. Актуальність може бути позначена у щорічних посланнях Президента Верховній Раді України, його зверненнях, виступах з нагоди певного професійного свята та на засіданні академії наук, колегії МОН України. Актуальність також може виявлятися у виступах фахівців. Тому варто звертати увагу на аналіз фахової літератури;

— неодноразовість теоретичних засад чи теоретичних конструкцій. Це встановлюється через ознайомлення із монографічною літературою позиції науковців, аналіз концептуальних ідей прийнятого рішення та їх вияв (негативний) на практиці, висловлені критичні зауваження тощо;

— наявність проблемної правозастосувальної та судової практики. Найбільше це виявляється на нарадах працівників правоохоронних органів та суддів, фахових публікаціях, запитах до вищестоящих органів та наукових установ, практичних конференціях. Досить ефективним є вміле анкетування фахівців. Респонденти можуть виявити найбільш проблемні інститути та складнощі з їх застосуванням;

— нестиковка чинного законодавства виявляється як і попередній критерій, а також через співставлення норм права (запропонованих альтернативних рішень), вивчення зарубіжного досвіду, тлумачення норм права;

— перспективи фінансування за рахунок замовника. Всяка наукова робота є затратною, а затрати на наукову діяльність постійно

зростають. Тому поєднання власного наукового інтересу до розв'язання актуальної народногосподарської проблеми може збігатися із комерційним інтересом бізнесових структур, які можуть оплатити витрати чи на сплатній ліцензійній основі придбати майнові права на використання розробки. Слід звертати увагу на оголошені з дотриманням установленого законодавством порядку гранти, конкурси тощо. Участь в них може частково компенсувати понесені витрати;

— можливість впровадити отримані результати. Вона визначається в результаті аналізу перспективності отриманих результатів та вимог чинного законодавства. Напрямками гарантованого впровадження є застосування отриманих в ході проведення дослідження результатів у навчальному процесі;

— наявність спеціалістів, які можуть забезпечити ефективне керівництво та консультування;

— наявність власної спеціалізованої ради чи участь фахівців установи, де виконується магістерська робота чи передбачається її доведення до рівня кандидатської, в інших спеціалізованих радах. Бажано, щоб ним був керівник магістерської дисертації.

Крім того, не менш важливе значення має інтерес магістранта до обраної тематики чи проблематики.

Проблеми вибору теми магістерської дисертації пов'язані з рівнем підготовки її виконавця та його кваліфікації і зацікавленістю наукового керівника. Якщо обрана тематика збігається з науковим інтересом керівника, така робота має певні перспективи.

Відповідно до вимог "Положення про магістерську дисертаційну роботу" в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" тема, зміст і результати цієї роботи повинні бути націлені на створення стартапів з надійною перспективою комерціалізації інноваційної розробки.

6.3 Розробка плану магістерської дисертації

Розробка плану магістерської дисертації проводиться самостійно магістрантом за допомогою наукового керівника. На практиці себе виправдали класичні підходи до аналізу правової матерії, які йдуть по структурі правовідношення та систематиці галузі права. Звичайно дослідження прийнято проводити від загального до спеціального та окремого.

Проект плану розробляється самостійно і апробується через призму загальних вимог до такого роду робіт, зокрема дисертаційних досліджень. Тому варто скористатися тими прийомами та схемами моделей структури дисертацій, що наведені вище.

Після складання плану його слід обговорити з колегами, а уже потім подавати на ознайомлення науковому керівнику. Якщо той його схвалить, то план та його обґрунтування слід обговорити на засіданні предметно-методичної секції кафедри і подати на затвердження у встановленому в науковій установі порядку.

Структура магістерської дисертації включає такі елементи:

1. Вступ, у якому обґрунтовано актуальність проблематики (теми) та визначаються основні чинники. Слід відзначити досягнення попередників та необхідність повторного звернення до її дослідження; відповідність науковим програмам та темам, визначити мету та завдання дослідження, його об'єкт та предмет, методологічну основу, отримані результати (новизна та пріоритетність), апробацію та структуру. Тут слід звернути увагу, щоб завдання не збігалися із методологією, наприклад дослідити таке-то питання. Завдання мають бути конкретні і збігатися з назвою наступних розділів та підрозділів. Не варто ставити перед собою надто багато завдань.

2. Розділ перший звичайно є загальнометодологічний і може містити такі підрозділи: встановлення генезису розглядуваного правового

чи іншого явища (як і під впливом яких чинників (детермінантів) воно виникло, розвивалось і чим стало на період його дослідження, які можливі подальші метаморфози та їх наслідки. Тут може бути розгорнуте обґрунтування проблематики, визначення напрямків її вирішення, позитивних досягнень та недоліків попередників, корпус-моделі (провідної ідеї) дослідження, вибір методологічної основи. Другий підрозділ є сутнісним і характеризує базове (опорне) поняття на легальному та доктринальному рівні, його елементи (ознаки), причини та наслідки захащення невластивими елементами, змішування понять чи, навпаки, відсутність якихось із чітко визначених ознак. Тут аналізується також нормативна база та проводиться компоративістична верифікація з метою універсалізації певного правового інституту, зокрема на засадах адаптації законодавства України до вимог ЄС. Відповідно встановлюються перспективи розвитку того чи іншого напрямку, його засоби, рівні та форми.

3. Розділ другий звичайно будується за структурою правовідношення (структурою іншої системи). Тут аналізується правове становище суб'єктів. Інколи перевага надається аналізу підстави виникнення певних правовідносин, особливо якщо йдеться про їх наслідки та про притягнення до юридичної відповідальності. При аналізі правового становища учасників певних правовідносин слід проаналізувати всі правоутворюючі фактори загальні (правоздатність та дієздатність), спеціальні (фах, спеціальний правовий статус тощо) та окремі (наявність пільг та особливих преференцій).

Далі визначається специфіка правового режиму об'єкта: встановлення значення базової категорії, наявність імперативів чи диспозитивного підходу, факторів, які впливають на зміну правового режиму (статичу чи динаміку) правовідносин.

4. Третій розділ може бути присвячений визначенню суб'єктивних прав, інтересів, що охороняються законом, та юридичних обов'язків учасників конкретних правовідносин.

Він може бути присвячений наслідкам невиконання юридичних обов'язків чи зловживання своїми суб'єктивними правами та правовим засобам охорони чи безпосередньо захисту порушених прав.

Кожен з підрозділів має завершуватися чіткими висновками та практичними рекомендаціями. Висновки за розділами повинні мати збірний характер, як і висновки за роботою у цілому.

Що стосується реалізації такого плану в рукописі магістерської дисертації, то вона мало чим відрізняється від реалізації плану кандидатської дисертації (*Ph.D.*).

6.4 Оформлення посилань

Дисертацію як кваліфікаційну роботу оцінюють також за рівнем бібліографічного апарату, який є ключем до джерел, використаних автором при її написанні. Бібліографічний апарат представлено цитуванням, посиланнями і списком використаних джерел, які оформляють згідно з ДСТУ 7.1.-84 "Бібліографічний опис документа".

Спочатку розглянемо оформлення *цитат*.

Для підтвердження власних аргументів посиланням на авторитетне джерело або для критичного аналізу того чи іншого друкованого твору наводять цитати. Науковий етикет вимагає точно відтворювати цитований текст, бо найменше скорочення наведеного витягу може спотворити зміст, закладений автором.

Загальні вимоги до цитування такі:

- текст цитати починається і закінчується лапками і наводиться в тій граматичній формі, в якій він поданий у джерелі, зі збереженням особливостей авторського написання. Наукові терміни, запропоновані

іншими авторами, не виділяються лапками, за винятком тих, що викликали загальну полеміку. У цих випадках використовується також вираз "так званий";

- цитування має бути повним, без довільного скорочення авторського тексту і без перекручень думок автора. Пропуск слів, речень, абзаців при цитуванні допускається без перекручення авторського тексту і позначається трьома крапками. Вони ставляться у будь-якому місці цитати (на початку, всередині, на кінці). Якщо перед випущеним текстом або за ним стояв розділовий знак, то він не зберігається;

- кожна цитата обов'язково супроводжується посиланням на джерело;
- при непрямому цитуванні (переказі, викладенні думок інших авторів своїми словами), що дає значну економію тексту, слід бути гранично точним у викладенні думок автора, коректним щодо оцінювання його висновків і давати відповідні посилання на джерело;

- цитування не повинне бути ні надмірним, ні недостатнім, бо і те, і те знижує рівень наукової праці: надмірне цитування створює враження компілятивності праці, а недостатнє — знижує наукову цінність викладеного матеріалу;

- якщо необхідно виявити ставлення автора дисертаційної праці до окремих слів або думок з цитованого тексту, то після них у круглих дужках ставлять знак оклику або знак питання;

- якщо автор дисертаційної праці, наводячи цитату, виділяє в ти деякі слова, робить спеціальне застереження, тоді після тексту, який пояснює виділення, ставиться крапка, потім дефіс і вказуються ініціали автора дисертації, а весь текст застереження вміщується у круглі дужки. Варіантами таких застережень є: (курсив наш. — Н.К.), (підкреслено мною. — Н.К.), (розрядка моя. — Н.К.).

Коли використовуються відомості, матеріали з монографій оглядових статей, інших джерел, які мають велику кількість сторінок, тоді в

посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, Ілюстрацій, таблиць, формул джерела, на яке дано посилання в дисертації.

Бібліографічне посилання — сукупність бібліографічних відомостей про цитовану працю, розглядуваний або згадуваний у тексті дисертації інший документ (його частини або групи документів), необхідних для їх загальної характеристики, ідентифікації і пошуку.

При написанні дисертації здобувач повинен давати посилання на джерела, матеріали з яких наводяться в дисертації, або на ідеях і висновках яких розробляються проблеми, завдання, питання дисертації. Такі посилання дають змогу відшукати документи і перевірити достовірність відомостей про цитування документа, надають необхідну інформацію щодо нього, допомагають з'ясувати його зміст, обсяг, інші вихідні дані. Посилатися слід на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тому разі, коли в них наявний матеріал, який не включено до останнього видання, або коли дисертант хоче показати еволюцію в поглядах автора.

Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, у посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке є посилання в дисертації.

Посилання в тексті дисертації на джерела слід позначити порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, "... у працях [1—6]...".

Допускається наводити посилання на джерела у виносках, при цьому оформлення посилання має відповідати його бібліографічному описові за переліком посилань із зазначенням номера. Наприклад, цитата в тексті:

"60-ті роки характеризувалися високими середньорічними темпами приросту національного доходу — 7,8 відсотка, витратами на науку з

державного бюджету — 11,2 відсотка, чисельністю наукових працівників — 6,9 відсотка" [12] ¹⁾.

Відповідний опис у переліку посилань:

12. Онопрієнко В.І. Історія української науки XIX-XX століть: Навч. посіб. — К., 1998. — С. 215-216.

Відповідне подання виноски:

¹⁾[12] Онопрієнко В.І. Історія української науки XIX-XX століть. — К., 1998. — С. 215-216.

Обов'язково в основному тексті або у заключних абзацах розділів давати посилання на особисті наукові праці здобувача (принаймні ті, перелік яких наведено в авторефераті).

Посилання на ілюстрації дисертації позначають порядковим номером ілюстрації, наприклад, "рис. 1.1"; посилання на формули дисертації — порядковим номером формули в дужках. Наприклад, "...у формулі (3.2)". На всі таблиці дисертації повинні бути посилання в тексті. При цьому слово "таблиця" в тексті пишуть скорочено, наприклад: "... в табл. 1.4".

У повторних посиланнях на таблиці та ілюстрації треба вказувати скорочено слово "дивись", наприклад: "див. табл. 1.4".

6.5 Список використаних у дисертації джерел

Список використаних джерел — елемент бібліографічного апарату, який містить бібліографічні відомості про джерела і розміщується після **Висновків**. Такий список становить одну із суттєвих частин дисертації, що відбиває самостійну творчу роботу її автора і свідчить про рівень фундаментальності проведеного дослідження.

Джерела можна розміщувати в списку одним із таких способів: у порядку появи посилань у тексті (найзручніший для користування); в

алфавітному порядку прізвищ перших авторів або назв; у хронологічному порядку.

Бібліографічний опис складають відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи. Зокрема, потрібну інформацію можна одержати із таких стандартів: ДСТУ 3582—97 "Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила", ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис". Дотримання здобувачами вимог чинних стандартів є обов'язковим.

Відомості про джерела, які включені до списку, необхідно подавати згідно з вимогами державного стандарту з обов'язковою назвою праць.

6.6 Оформлення додатків

Додатки оформляють як продовження дисертації на наступних її сторінках або як окрему частину (книгу), розміщуючи їх у порядку появи посилань у тексті дисертації.

Якщо додатки оформляють на наступних сторінках дисертації, кожний такий додаток має починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої великої симетрично до тексту. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої друкується слово "Додаток " і велика літера, що позначає додаток.

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер І, Є, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, додаток А, додаток Б та ін. Один додаток позначається як додаток А.

6.7 Вимоги до оформлення тез доповідей (повідомлень), статей і стендових доповідей

1. Обсяг тез конференцій, симпозіумів в Україні, як правило — одна повна сторінка. Мова — українська. Текстовий редактор — Microsoft Word. Формат аркуша — А4; поля: зліва — 25 мм, справа — 20 мм, вгорі — 20 мм, внизу — 20 мм; шрифт 14 пт Times New Roman. Текст — без нумерації сторінок.

Шрифт УДК — у першому рядку, зліва, вирівнюється за першою літерою другого рядка основного тексту. Після відступу в 1,5 інтервали — назва тез чи статті — великими літерами, вирівнюється по центру. Після відступу в 1,5 інтервали — ініціали та прізвище автора (авторів), вирівнюється по центру. Після відступу в 1,5 інтервали — назва установи, міста (в дужках). Після відступу в 2 інтервали — основний текст.

Зразок оформлення результатів:

УДК

НАЗВА ТЕКСТУ ВЕЛИКИМИ ЛІТЕРАМИ

Т. Г. Автор, С. І. Співавтор

(навчальний заклад, установа)

Текст доповіді з абзацу

2. Рукопис статті повинен бути надрукований на папері доброї якості та стандартного формату (А4: 210x297 мм), через півтора-два інтервали, на машинці з якісною стрічкою та зі стандартним чистим шрифтом. На сторінці повинно бути не більше 30 рядків. Розмір полів такий: зліва — 25 мм, справа — 10 мм, вгорі і знизу — 20 мм. Рукопис статті, враховуючи ілюстрації, підписи до них, таблиці, список літератури, реферат (російською і обов'язково англійською мовами), дублікати формул, а також акт експертизи слід надавати у двох примірниках.

Стаття повинна мати офіційне направлення, підписане керівником закладу, в якому проводилося дослідження.

Наприкінці статті всім авторам необхідно обов'язково поставити підписи, а також вказати адресу для перепису та номер службового і домашнього телефонів. До статті надається перелік розшифрованих умовних скорочень, що використано у тексті.

На першій сторінці, у лівому верхньому куті, необхідно вказати індекс статті за універсальною десятинною класифікацією (УДК), нижче — прізвища авторів і (в дужках) місто, а під ними — назву статті.

Після цього йде коротенький виклад змісту статті (обсягом не більше 0,5 машинописної сторінки).

У тексті статті (з нової сторінки) повинен бути коротенький виклад того нового й оригінального, що одержано авторами в їх дослідженні. Терміни та позначення повинні відповідати діючим стандартам. Одиниці вимірювань слід приводити в одиницях міжнародної системи (СІ).

Список бібліографічних посилань слід складати у послідовності їх цитування в тексті, де кожне посилання позначається цифрою у квадратних дужках. Список літератури подається окремою сторінкою. Посилання на іноземні джерела приводяться мовою оригінала і обов'язково повинні бути надруковані на машинці зі стандартним шрифтом.

Список літератури має бути оформлений відповідно до зразків бібліографічних посилань, що наведено у додатку К.

При оформленні додатків окремою частиною (книгою) на титульному аркуші під назвою дисертації друкують великими літерами слово "ДОДАТКИ".

Текст кожного додатка за необхідності може бути поділений на розділи й підрозділи, які нумерують у межах кожного додатка. У такому разі перед кожним номером ставлять позначення додатка (літеру) і крапку. Наприклад: А. 2 — другий розділ додатка А; В.3.1 — підрозділ 3.1. додатка В.

Ілюстрації, таблиці і формули, які розміщені в додатках, нумерують у межах кожного додатка, наприклад: рис. Д. 1.2 — другий рисунок першого розділу додатка Д; формула А.1 — перша формула додатка А.

6.8 Подання закінченої магістерської дисертації на кафедру

Закінчена та схвалена науковим керівником магістерська робота подається на кафедрі для її рецензування, апробації та заслуховування на засіданні. При цьому слід дотримуватися певних правил. Перш за все необхідно самому декілька разів уважно прочитати роботу і відповідно до рекомендованої схеми перевірити відповідність предмета та об'єкта дослідження, доцільність використаних методів дослідження, відповідність отриманих результатів поставленій меті та завданням дослідження, емпіричний матеріал. Рекомендується застосувати перехресне товариське рецензування роботи іншими магістрантами, особливо тими, що навчаються за тією ж науковою спеціальністю. Це допоможе уникнути прикрих помилок та сприятиме підвищенню рівня фахових знань і кваліфікації.

При поданні роботи на кафедру для рецензування вона має бути:

- 1) добре оформлена відповідно до встановлених вимог;
- 2) вчитана науковим керівником та коректором, бажано й літературним редактором;
- 3) мати письмову рецензію наукового керівника;
- 4) подана в узгодженні із науковим керівником та завідуючим (начальником) кафедри строки;
- 5) безпосередніх рецензентів чи рецензента визначає завідуючий (начальник) кафедри за узгодженням з науковим керівником;
- 6) призначається день заслуховування магістерської дисертації на кафедрі.

Заслуховування магістерської дисертації на кафедрі доцільно проводити у тому ж порядку, що й захист перед комісією:

- 1) оголошення розгляду магістерської дисертації;
- 2) доповідь магістранта про актуальність, предмет та об'єкт, методологію, отримані особисто найбільш вагомими науковими результатами, їх апробацію, структуру;
- 3) коротка характеристика роботи та досягнень її автора з боку наукового керівника;
- 4) відповіді на запитання членів кафедри та присутніх за темою магістерської дисертації;
- 5) виступи рецензентів, які мають акцентувати увагу на недоліках роботи та рекомендаціях щодо їх усунення;
- 6) відстоювання розкритикованих позицій магістрантом чи можливі заходи щодо усунення вказаних недоліків;
- 7) обговорення роботи іншими членами кафедри чи присутніми;
- 8) прийняття рішення про необхідність повторного заслуховування з призначенням строку для усунення недоліків чи про рекомендацію роботи до захисту.

Доопрацювання роботи проводиться відповідно до рекомендацій наукового керівника, рецензентів та рішення кафедри.

Рекомендація роботи до захисту проводиться за письмової рецензії наукового керівника та рішення базової кафедри чи іншого пачкового підрозділу, де був прикріплений магістрант за час навчання в магістратурі. Рішення базового структурного підрозділу оформляється у вигляді виписки з його засідання, яке підписується керівником структурного підрозділу, а в разі його відсутності — особою, яка у встановленому порядку заміщає його.

6.9 Захист магістерської дисертації

Захист магістерської дисертації є завершальним етапом роботи над нею і відбувається перед призначеною державною комісією. Про дату захисту та місце магістранту повідомляються заздалегідь.

До захисту подається сама магістерська робота разом з рецензією наукового керівника. Робота повинна бути оформлена і виконана згідно з встановленими вимогами, і бути відповідним чином зброшурована та репрезентабельна.

Рецензія наукового керівника повинна містити об'єктивну оцінку роботи у цілому за такими критеріями: актуальність та рівень її відображення у роботі, доцільність обраної структури, використання при підготовці роботи досягнень теоретичної науки, знання магістрантом чинного законодавства та законодавства зарубіжних країн, самостійність роботи, рівень новизни та пріоритету зроблених висновків та пропозицій, використання фахової термінології, недоліки оформлення та побажання, можливість подальшої роботи над темою. У кінці висновку має бути загальна оцінка роботи, можливість її допуску до захисту. Рецензент може рекомендувати комісії врахувати його побажання щодо оцінки роботи взагалі з певною часткою коректності стосовно висновку комісії: «позитивно», «добре», «високо».

При захисті варто керуватися правилом: «Хороший експромт може вийти лише тоді, коли він добре підготовлений». Впевненість при захисті ґрунтується на глибокому знанні своєї роботи, її позитивних та негативних рис, можливих спірних моментів.

Підготовка до захисту включає:

— підготовку тексту доповіді, яка не повинна повністю збігатися зі вступом магістерської дисертації. Банальне зчитування вступу при захисті магістерської дисертації свідчить про недостатнє знання магістрантом своєї роботи чи про невміння володіти собою. Як перше, так і друге не

буде трактуватися комісією на користь магістранта і спричинить додаткові запитання;

— вивчення тексту виступу та моделювання можливості викласти його зміст іншими словами чи вчасного реагування на можливі репліки членів комісії під час захисту роботи. Такни методологічний прийом надає впевненості при захисті роботи;

— підготовку контрпропозицій на висновки по роботі, пошук вразливих місць у роботі та моделювання відповідей на можливі запитання щодо них;

— підготовку манери звернення до комісії із захисту роботи. Звичайно це класична формула: «Шановний голово, шановні члени комісії, колеги, присутні. Вашій увазі пропонується магістерська робота на тему «...», що виконана слухачем магістратури (прізвище, ім'я по батькові)». Якщо магістрант має спеціальні звання, то вказуються й вони.

У подальшому викладається коротко актуальність обраної тематики, стан її розробленості в науці, коло проблем, що виникають у теорії та на практиці, існуючі підходи до їх вирішення та авторські пропозиції щодо цього.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ І ВМІНЬ (до розділів 1 – 6)

1. Визначення науково-дослідного процесу.
2. Алгоритм науково-дослідного процесу.
3. Що розуміють під науковим напрямом, проблемою, комплексною проблемою, темою, науковим питанням?
4. Класифікація наукових досліджень.
5. Охарактеризуйте стадії науково-дослідного процесу.
6. Охарактеризуйте державні пріоритети у галузевій сфері наукових досліджень в Україні.

7. Розкрийте програмно-цільовий принцип організації наукових досліджень.
8. Назвіть загальні критерії обґрунтування теми наукового дослідження.
9. Як розкривається народногосподарська ефективність наукового дослідження?
10. Як забезпечення фінансування і впровадження результатів дослідження впливає на вибір теми дослідження?
11. Що передбачає етап визначення теоретичних основ розробки теми?
12. Програма та план дослідження теми магістерської наукової роботи.
13. Техніко-економічне обґрунтування наукової тематики.
14. Обґрунтуйте основні види ефективності наукових досліджень.
15. Як визначити економічний ефект НДР?
16. Як скласти методику дослідження наукової теми.
17. Робочий план виконання наукового дослідження.
18. Охарактеризуйте етапи створення нової інформації.
19. Формулювання попередніх висновків і рекомендацій.
20. Порядок підготовки і виконання наукового експерименту.
21. Корегування попередніх висновків і рекомендацій за результатами наукового експерименту.
22. Оприлюднення результатів наукового дослідження.
23. Зв'язок дослідницької та інформаційної діяльності.
24. Як визначається якість інформації?
25. Які види інформації ви знаєте?
26. Розкрийте сутність наукового документу.
27. Які є види первинних наукових документів, що не публікуються?
28. Назвіть наукові документи, які належать до складу вторинних.
29. Охарактеризуйте релевантну, бібліографічну та нову (основну) інформацію, що міститься в науковому документі.
30. Чим зумовлена необхідність дотримання послідовності етапів організацій наукового дослідження?
31. Якою є послідовність роботи з вибору теми дослідження?
32. Основні вимоги до теми дослідження та її формулювання.

33. Опишіть послідовність та схему розробки структури проблеми дослідження.
34. Основні складові форми календарного плану-графіка наукового дослідження.
35. Якими є правила обґрунтування теми наукового дослідження?
36. Сутність і принципи реалізації системного підходу в науковому дослідженні.
37. Назвіть етапи розробки теорій.
38. Основні базові послуги Internet у розшукуванні наукової інформації.
39. Основні етапи виконання робіт на прикінцевій стадії.
40. Вимоги до оформлення магістерської дисертації, звітів з виконання НДР.
41. Підготовка рефератів за результатами наукового дослідження.
42. Наукова стаття в фахових і наукометричних виданнях і правила її підготовки.
43. Магістерська дисертація, монографія як види узагальнення результатів наукового дослідження.
44. Підготовка тез доповіді на науково - практичній конференції.
45. Винахід і відкриття як результат наукового дослідження.
46. Мета і порядок проведення обговорення результатів наукової роботи.
47. Рецензування результатів науково-дослідної роботи.
48. Оцінювання результатів дослідження за допомогою наукової та науково - технічної експертизи.
49. Критерій ефективності роботи окремого наукового працівника, науково - дослідної групи або організації.
50. Положення наукової етики.
51. Соціальна відповідальність вченого.
52. Запропонуйте можливі плани підвищення ефективності наукових досліджень (на рівнях окремого працівника, кафедри, факультету, університету, держави).

7 МЕТОДОЛОГІЯ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ І ОБРОБКИ ДОСЛІДНИХ ДАНИХ

Наступні підрозділи присвячені конкретним об'єктам дослідження, часто не пов'язаним між собою, і мають в рамках підрозділу нумерацію рисунків і таблиць, контрольні питання та список літератури. Метою розділу є надання студентам допомоги в надбанні знань та умінь постановки наукових досліджень з мінімальними витратами часу і матеріалів та обробки їх результатів на персональних комп'ютерах з використанням середовищ Excel і MathCad.

7.1 Практикум № 1. Статистична обробка результатів експерименту

При виконанні і захисті науково-дослідних робіт постає питання наявності і сили зв'язку між факторами (параметрами процесу, наприклад, температура, концентрація, кількість обертів мішалки тощо) і функцією відгуку (кількісною характеристикою процесу або властивості системи, наприклад, ступінь перетворення, вихід продукту, вміст речовини тощо). Дуже важливим є питання щодо достовірності отриманих результатів, наявності чи відсутності грубих вимірів, що особливо важливо при сертифікації продукції. Відповіді на ці питання формалізовані шляхом розрахунків певних статистичних характеристик.

Мета роботи: проведення за допомогою функцій Excel розрахунків коефіцієнту кореляції і коефіцієнтів лінійної регресії, стандартного відхилення і довірчого інтервалу.

7.3.1. Кореляційний аналіз

Кореляційний аналіз дає оцінку наявності зв'язку між факторами, його виконують для рішення задачі попереднього експерименту, коли обсяг експериментальних даних досить великий. У такому випадку

оцінюють також зв'язок між факторами і змінною стану і за певним критерієм відсіюють незначимі зв'язки або незначимі фактори.

Послідовність розрахунку і оцінки коефіцієнту парної кореляції $r_{1,2}$ на калькуляторі докладно розглянуто в роботі [1], згідно з якою:

$$r_{1,2} = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2][n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}} ,$$

де n - кількість вимірювань; X_i, Y_i - результати вимірювань.

Слід пам'ятати, що $r_{1,2}$ характеризує лише лінійний зв'язок між змінними – чим ближче коефіцієнт до 1 (за абсолютним значенням), тим тісніше лінійний зв'язок, а для нелінійного зв'язку результати можуть бути абсурдними. Так, для параболи коефіцієнт кореляції близький до нуля.

Приклад 1. Залежність показника якості Y від концентрації домішки X

X	1	2	3	4	5
Y	8	11	14	16	21
Y_p	7.02	10.57	14.12	17.67	21.22
X	6	7	8	9	10
Y	26	27	32	34	41
Y_p	24.78	28.33	31.88	35.43	38.98

Алгоритм розрахунку

Набрати в середовищі Excel значення X та Y в вигляді двох стовпців або рядків, в окремій комірці звернутися до функції «коррел» і за допомогою діалогового вікна ввести послідовно масиви вихідних даних. Результат $r_{1,2}=0,99362$ вказує на тісний лінійний зв'язок між Y і X .

Перед використанням функції «линейн» необхідно зберегти (записати) файл програми тому, що при некоректному використанні цієї функції можливо «зависання» комп'ютера. Апроксимація залежності $Y_i = f(X_i)$ рівнянням прямої $Y = bX + b_0$ здійснюється наступним чином: в

окремій комірці звернутися до функції «линейн», за допомогою діалогового вікна ввести послідовно масиви вихідних даних – спочатку Y , потім X . В комірці з'являється тільки значення коефіцієнту b (3,5515). Для виводу другого коефіцієнта (в загальному випадку інших коефіцієнтів) виділити 2 комірки в рядку (в загальному випадку потрібну кількість комірок), натиснути F2, потім одночасно Ctrl+Shift+Enter. Результат 3,5515 3,467; тобто $Y=3,5515X+3,467$. Розрахункові значення Y_p введено в таблицю прикладу 1 з використанням авто заповнення.

Виконати наступні завдання за вищенаведеним алгоритмом (номер варіанту N визначається останньою цифрою залікової книжки).

1. Результати досліджень впливу температури ($t, ^\circ\text{C}$) на вихід побічного продукту ($\Phi, \%$) представлено в таблиці:

№	1	2	3	4	5	6
t	1N	5N	8N	10N	15N	20N
Φ	32/N	25/N	20/N	17/N	11/N	5/N
Φ_p						

Чи існує кореляційний зв'язок між Φ і t ? Якщо так, то привести рівняння лінійної регресії і розрахункові значення Φ .

1. Сировина вміщує два корисні компоненти X і Y . Аналізи 10 зразків сировини з різних місць кар'єру наведено в таблиці (г/кг):

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	67 N	54 N	72 N	64 N	39 N	22 N	58 N	43 N	46 N	34 N
Y	24 N	15 N	23 N	19 N	16 N	11 N	20 N	16 N	17 N	13 N
Y_p										

Чи існує кореляційний зв'язок між вмістом X і Y ? Якщо так, то привести рівняння лінійної регресії і розрахункові значення Y .

3. Вплив трьох факторів X_1, X_2, X_3 на цільову функцію Y представлено в таблиці (Y_1, Y_2 - паралельні досліди).

Розрахувати середні значення $\bar{Y}_u$, розрахувати коефіцієнти рівняння лінійної множинної регресії за допомогою функції «линейн» (функція повертає коефіцієнти в порядку b_3, b_2, b_1, b_0), знайти за отриманим рівнянням розрахункові значення цільової функції $\hat{Y}p_u$. Додати колонку і розрахувати відносне відхилення (%) $\hat{Y}p_u$ від $\bar{Y}_u$.

№	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	$\bar{Y}_u$	$\hat{Y}p_u$
1	373	26	2,5	9,86N	10,91N		
2	353	26	2,5	9,09N	9,25N		
3	373	18	2,5	6,35N	6,61N		
4	353	18	2,5	5,35N	5,25N		
5	373	26	1,5	14,60N	13,73N		
6	353	26	1,5	12,02N	12,07N		
7	373	18	1,5	9,48N	9,43N		
8	353	18	1,5	6,82N	7,77N		

7.3.2. Довірчий інтервал

Розрахунок інтервальних оцінок для математичного очікування і дисперсії змінної здійснюється за формулами:

$$(\bar{X} - t_q \sigma_x / \sqrt{n}) \leq m_x \leq (\bar{X} + t_q \sigma_x / \sqrt{n}),$$

де σ_x - стандартне відхилення; n - кількість дослідів; m_x - значення оцінюваної (шуканої) випадкової величини; $\bar{X}$ - середнє за вибіркою; t_q - значення критерію Стюдента (залежить від числа степенів свободи $f =$

$n - 1$ і рівня значимості q); q - рівень значимості при певній довірчій імовірності P : $q = 1 - P$.

Вираз $\Delta X = \pm t_q \sigma_x / \sqrt{n}$ називається довірчим інтервалом, його значення характеризує достовірність дослідів. Послідовність розрахунку і оцінки довірчого інтервалу на *калькуляторі* докладно розглянуто в практикумі [1].

При обробці паралельних дослідів виникає необхідність відкинути, якщо існують, грубі виміри. Це робиться за правилом «трьох сигм»: якщо результати експерименту виходять за межі $\bar{X} \pm 3\sigma_x$, такі результати відкидаються і статистичні показники перераховуються.

Приклад 2. Результати паралельних вимірювань складу суміші дали наступні значення концентрації цільового продукту (%мас.):

76.48; 76.43; 77.20; 76.45; 76.25; 76.48; 76.48; 76.60.

Алгоритм розрахунку

Після набору в середовищі Excel даних в вигляді колонки або строки в окремій комірці звернутися до функції «срзнач» і за допомогою діалогового вікна ввести вихідні дані. Результат $\bar{X}=76,54625$. В іншій комірці звернутися до функції «стандотклон», за допомогою діалогового вікна ввести вихідні дані. Результат $\sigma_x=0,28132$. Межі $\bar{X} \pm 3\sigma_x$:

$76.54625 - 3 \cdot 0.28132 = 75.70229$; $76.54625 + 3 \cdot 0.28132 = 77.39021$.

Виявити грубі виміри необхідно за допомогою *умовного форматування* – надання кольору комірці, для якої значення складу лежить поза межами $\bar{X} - 3\sigma_x$ і $\bar{X} + 3\sigma_x$. Серед дослідів немає значень менше 75.70229 і більше 77.39021, таким чином грубі виміри відсутні. Для розрахунку довірчого інтервалу в окремій комірці звернутися до функції «доверит», за допомогою діалогового вікна ввести рівень значимості 0,05 (в даному випадку), послатися на комірку значення стандартного

відхилення σ_x , ввести розмір вибірки (кількість дослідів), що дорівнює 8 (в даному випадку). Результат: $\Delta X = 0,19494$. Інтервальна оцінка для m_x :

$$76.35131 \leq m_x \leq 76.74119 \quad \text{або} \quad 76.54625 \pm 0.19494 .$$

Виконати наступні завдання за вищенаведеним алгоритмом (номер варіанту N визначається останньою цифрою залікової книжки).

3. У таблиці представлено результати аналізу проб сировини (C - концентрація компонента в пробі, мг/дм³):

№	1	2	3	4	5	6	7
C	29 N	27,5 N	28 N	28 N	27 N	27,5 N	29 N

Розрахувати середнє значення C, стандартне відхилення і довірчий інтервал (для $q = 0.01; 0.05; 0.1$). Відкинути, якщо існують, грубі виміри (клавiша Delete) за правилом «трьох сигм» ($3\sigma_x$), що призведе до перерахунку статистичних показників. Виявити грубі виміри необхідно за допомогою умовного форматування – надання кольору комірки, для якої значення складу лежить поза межами $\bar{X} - 3\sigma_x$ і $\bar{X} + 3\sigma_x$. Зробити висновок про вплив рівня значення q на довірчий інтервал.

4. У таблиці представлено результати паралельних аналізів проб розчину (концентрація C, мг/дм³):

№	1	2	3	4	5	6	7	8
C	102 N	98 N	99 N	100 N	97 N	95 N	140 N	100 N
№	9	10	11	12	13	14	15	16
C	98 N	96 N	102 N	101 N	101 N	102 N	99 N	102 N

Розрахувати середнє значення C, стандартне відхилення і довірчий інтервал (для $q = 0.05$ – загально прийняте значення у хімічних дослідженнях). Відкинути, якщо існують, грубі виміри (клавiша Delete)

за правилом «трьох сигм» ($3\sigma_x$), що призведе до перерахунку статистичних показників, *при цьому змінити кількість дослідів при розрахунку довірчого інтервалу/* Виявити грубі виміри необхідно за допомогою *умовного форматування* – надання кольору комірці, для якої значення складу лежить поза межами $\bar{X} - 3\sigma_x$ і $\bar{X} + 3\sigma_x$.

Контрольні питання

Коефіцієнт кореляції (r_{yx}). Математичне очікування випадкової величини. Дисперсія випадкової величини (σ^2). Стандартне відхилення. Паралельні (дубльовані) виміри. Рівень значимості q . Довірчий інтервал випадкової величини. Відсів грубих вимірювань.

Додаткова література

1. Комп'ютерний практикум з дисципліни «Методологія наукових досліджень» для студентів напряму 6.051301 «Хімічна технологія» професійного спрямування 8.05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин» хіміко-технологічного факультету. Укладачі: А.Л. Концевой, І.М. Астрелін, С.А. Концевой - НТУУ «КПІ», 2011.– 116 с.

7.2 Практикум № 2. Оптимальне планування експериментів у хімічній технології

Мета роботи: засвоїти методологію постановки повного факторного експерименту, розрахувати в середовищі Excel коефіцієнти рівняння першого порядку і відповідні статистичні характеристики для трьох змінних стану хімічного процесу.

Загальні відомості

Результати експерименту в хімічній технології є головними критеріями при вирішенні практичних задач та при перевірці теоретичних

гіпотез. Вивчення складних технологічних процесів пов'язано з тривалим експериментом з великими витратами реактивів і часу працюючих. Для збільшення ефективності наукових досліджень, скорочення термінів розробки нових технологічних процесів необхідна оптимізація наукових досліджень на всіх стадіях: постановка дослідів і математична обробка результатів, впровадження та експлуатації хіміко-технологічних процесів.

Тривалий час порядок проведення експерименту цілком визначався особистим досвідом та інтуїцією дослідників. Перші спроби оптимізувати планування експерименту використанням математичних методів були зроблені англійським статистиком Р. Фішером ще в 1918 році. У 1935 році з'явилась його монографія “Design of Experiments”, яка дала назву всьому напрямку - статистичним методам планування експериментів. Особливо швидкими темпами теорія планування експерименту почала розвиватися після появи (1951 р.) праць Дж. Бокса та К. Уїлсона, які доповнили і довели до практичних рекомендацій факторне планування Р. Фішера.

В наш час оптимальне планування експерименту це надійний спосіб реалізації пошукових досліджень і обробки отриманих результатів.

Математичний опис процесу

Хіміки-технологи найчастіше користуються планами так званого екстремального планування, які розроблені для визначення оптимальних умов перебігу процесів в об'єктах досліджень. Оптимум можна знайти за математичною моделлю об'єкту досліджень, для якого механізм процесу і природа явищ невідомі (об'єкт – так звана “чорний ящик”) і яку шукають у вигляді поліноміального рівняння :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \cdot X_i + \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^k \beta_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} \cdot X_i^2 + \dots, \quad (1)$$

де $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}$ - коефіцієнти рівняння регресії, що характеризують відповідні лінійні ефекти, ефекти взаємодії і квадратичні ефекти, X_i, X_j - фактори; Y – вихідна змінна або змінна стану об'єкту досліджень (параметр оптимізації).

Використовуючи статистичні методи, вдається за даними експерименту (пасивного або активного) розрахувати коефіцієнти поліному (1). Однак, враховуючи статистичну природу процесів, що розглядаються (звичайно використовується *вибірка* експериментальних даних), дослідник одержує *оцінки* коефіцієнтів рівняння регресії, а не самі коефіцієнти. Тоді рівняння регресії записується таким чином:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot X_i + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^k b_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} \cdot X_i^2 + \dots, \quad (2)$$

де Y - оцінка вихідного параметра моделі; k – кількість факторів; b_i, b_{ij}, b_{ii} - оцінки коефіцієнтів рівняння регресії.

Для рішення екстремальних задач хімічної технології рівняння типу (2), яке часто називають функцією відгуку, виявляються виключно надійними. В математичній теорії експерименту розроблені оптимальні плани одержання таких експериментально-статистичних моделей з їх подальшим використанням для пошуку екстремуму.

Повний факторний експеримент (ПФЕ) першого порядку

Метод ПФЕ дає можливість одержати математичний опис досліджуваного процесу в деякій області факторного простору, що лежить навколо вибраної точки з координатами $(X_{1_0}, X_{2_0}, \dots, X_{k_0})$.

Суть факторного експерименту першого порядку полягає в **одночасному** варіюванні всіх факторів при його проведенні за певним планом, представлені математичні моделі (функції відгуку) у вигляді лінійного поліному та дослідженні останнього методами математичної статистики.

Для зручності розрахунку оцінок коефіцієнтів рівняння регресії всі фактори варіюють на двох рівнях. Більше того, коли очікується лінійна функція відгуку, дворівневе варіювання факторів цілком достатнє, адже для того, щоб визначити напрямок прямої, досить знайти координати двох точок. ПФЕ включає всі можливі комбінації факторів для вибраної кількості рівнів. При двох рівнях кількість дослідів $N=2^k$.

Приклад розрахунку ПФЕ типу 2^k при однаковій кількості паралельних дослідів у кожній точці факторного простору.

Вивчено залежність виходу продукту $Y(\%)$ від температури реакційної суміші $Z_1(^{\circ}\text{C})$ і концентрації реагенту $Z_2(\%)$. Умови проведення ПФЕ наведені в таблиці 1, а результати в таблиці 2.

Математичний опис процесу, що досліджується, будемо шукати у вигляді рівняння:

$$\hat{Y}_p = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2, \quad (3)$$

де кодовані змінні пов'язані з температурою та концентрацією наступним співвідношеннями:

$$X_1 = \frac{Z_1 - Z_{1_0}}{\Delta Z_1}; X_2 = \frac{Z_2 - Z_{2_0}}{\Delta Z_2}, \quad (4)$$

де Z_i – натуральні значення факторів (див. таблицю 1); X_i – кодовані значення факторів. Перехід від натуральних значень факторів до

кодованих дозволив розрахувати коефіцієнти рівняння регресії (4.3) за методом найменших квадратів у матричній формі за простими рівняннями (4.8), тобто вручну або на калькуляторі.

Таблиця 1 – Умови реалізації експериментів для матриці ПФЕ 2²

Характеристика	$Z_1, ^\circ\text{C}$	$Z_2, \%$
Основний (нульовий) рівень Z_0	50	25
Інтервал варіювання ΔZ	5	1
Верхній рівень (+1)	55	26
Нижній рівень (-1)	45	24

Матриця планування таблиці 2 має наступні властивості:

$$\text{ортогональність} \quad \sum_{u=1}^N X_{iu} X_{ju} = 0, \quad (5)$$

$$\text{симетричність} \quad \sum_{u=1}^N X_{iu} = 0, \quad (6)$$

$$\text{нормування} \quad \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 = N, \quad (7)$$

де $i, j = 1, 2, \dots, k; i \neq j$ Тут k - кількість факторів, N – кількість дослідів, u – номер дослідів ($u = 1, 2, \dots, N$).

На основі результатів ПФЕ розрахуємо коефіцієнти регресії:

$$b_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N X_{iu} \bar{Y}_u, \quad b_o = \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_{u=1}^N X_o \bar{Y}_u \quad (i = 0, 1, 2, \dots, k), \quad (8)$$

$$\text{де} \quad \bar{Y} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{n=1}^m Y_{un}, \quad (9)$$

Таблиця 2 – Матриця планування та результати ПФЕ 2²

Номер дослід (u)	X_0	X_1	X_2	$Z_1, ^\circ\text{C}$	$Z_2, \%$	Результати паралельних дослідів		Середнє значенн я
						$Y_{u1}, \%$	$Y_{u2}, \%$	
1	+1	+1	+1	55	26	36.4	36.0	36.2
2	+1	-1	+1	45	26	32.9	32.3	32.6
3	+1	+1	-1	55	24	38.9	38.6	38.7
4	+1	-1	-1	45	24	36.1	34.9	35.5

де m – кількість паралельних дослідів, $X_0=1$ – фіктивна змінна.

$$\text{Отже: } b_0 = \frac{1}{4} \cdot (36.2 + 32.6 + 38.7 + 35.5) = 35.75,$$

$$b_1 = \frac{1}{4} \cdot (36.2 - 32.6 + 38.7 - 35.5) = 1.7,$$

$$b_2 = \frac{1}{4} \cdot (36.2 + 32.6 - 38.7 - 35.5) = -1.35.$$

Після розрахунку коефіцієнтів регресії переходять до статистичного аналізу рівняння регресії, який складається з трьох етапів:

I – оцінки дисперсії відтворення (або оцінки похибки дослідів);

II – оцінки значимості коефіцієнтів рівняння регресії;

III – оцінки адекватності моделі.

Розрахунок похибки дослідів (дисперсії відтворення)

Відомо, що похибка дослідів S_o^2 оцінюється за паралельними дослідями (їх кількість дорівнює m). Перед розрахунком S_o^2 необхідно упевнитись, що розсіювання дослідів у кожній точці факторного простору не перевищує деякої величини, тобто дослідів виконанні з однаковою

точністю. З цією метою розраховують строкові дисперсії S_u^2 і перевіряють її однорідність.

Дисперсії випадкової величини – характеристика розсіювання випадкової величини навколо її математичного очікування, в даному випадку – це середньоарифметичне паралельних експериментів $\bar{Y}_u$.

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{u=1}^m (Y_{un} - \bar{Y}_u)^2 . \quad (10)$$

$$\text{Для } u = 1: \quad S_1^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(36.4 - 36.2)^2 + (36.0 - 36.2)^2] = 0.08,$$

$$u = 2: \quad S_2^2 = [(32.9 - 32.6)^2 + (32.3 - 32.6)^2] = 0.18 ,$$

$$u=3: \quad S_3^2 = [(38.9 - 38.7)^2 + (38.6 - 38.7)^2] = 0.05,$$

$$u=4: \quad S_4^2 = [(36.1 - 36.5)^2 + (34.9 - 35.5)^2] = 0.72.$$

Однорідність дисперсії перевіряють за критерієм Кохрена:

$$G_p = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^N S_u^2} . \quad (11)$$

Для конкретного плану (таблиця 4.2): $G_p = 0.72/1 = 0.72$ ($\sum_{u=1}^N S_u^2 = 1$).

Якщо $G_p \leq G_T$, тоді гіпотеза про однорідність дисперсії приймається. Критерій Кохрена G_T знаходять у таблиці 1 Додатка В для числа ступенів свободи $f_1 = m - 1$ і $f_2 = N$ та рівні значимості q (в інженерних розрахунках приймається 5% - вий рівень значимості, тобто $q=0.05$).

Числом ступенів свободи в математичній статистиці називають різницю між кількістю дослідів та кількістю параметрів, які вже розраховані за результатами цих дослідів незалежно один від одного, тобто в статистичних ситуаціях необхідно приймати до уваги зв'язки, які обмежують свободу зміни випадкових величин або число незалежних станів. В даному випадку число ступенів свободи в одній точці факторного простору буде $f_1 = m - 1$, тобто кількість дослідів в даній точці мінус

один, оскільки за цими же дослідями розраховується один параметр – середнє $\bar{Y}_u$.

Рівень значимості виражає імовірність, якою вирішено знехтувати в даній області досліджень: $q = 1 - P$, де P – довірна імовірність (див. терміни додатку Б). Отже: $G_T = 0.9065$ при $f_1=1$ і $f_2=4$, тому $G_p < G_T$, тобто дисперсії однорідні. Якщо умова $G_p < G_T$ не виконується, необхідно збільшити кількість паралельних дослідів. Якщо і це не дає результатів, тоді слід змінити метод контролю змінної стану, збільшивши її точність. Можливо, необхідно переробити дослід з $S_{u\max}^2$.

При виконанні умови $G_p \leq G_T$ дисперсії паралельних дослідів усереднюють, знаходячи похибку дослідів:

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N S_u^2, \quad (12)$$

$$S_0^2 = 1/4 = 0.25.$$

Повторимо, що в цьому конкретному прикладі $\sum_{u=1}^N S_u^2 = 1$.

Ще раз нагадуємо, що неоднорідні дисперсії усереднювати не можна. Випадок, коли похибка дослідів відома завчасно, не розглядається як найменш імовірна.

Перевірка значимості коефіцієнтів регресії

Очевидно, що один фактор більше впливає на змінну стану, інший – менше. Для оцінки цього впливу використовують перевірку значимості кожного коефіцієнта двома рівноцінними способами. В обох випадках спочатку знаходять дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S_{bi}^2 = \frac{S_0^2}{N}. \quad (13)$$

В даному випадку $S_{bi}^2 = 0.25/4 = 0.0625$; $S_{bi} = 0.25$, тобто дисперсії всіх коефіцієнтів у ПФЕ рівні, оскільки залежать лише від похибки дослідів і кількості строк матриці планування (*ротатабельність* ортогональних планів ПФЕ для лінійних моделей, що означає рівність і

мінімальність дисперсій прогнозованих значень змінної стану для всіх точок факторного простору).

За першим способом значимість коефіцієнтів оцінюють за формулою:

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S_{bi}} \quad \text{і умовою } t_{ip} > t_T, \quad (14)$$

де $|b_i|$ - абсолютне значення i -го коефіцієнту регресії; t_T - табличне значення критерію Стюдента (псевдонім англійського математика і хіміка Госсета), який знаходять за числом свободи $f_0 = N(m - 1)$ і рівнем значимості q ;

S_{bi} - середньоквадратичне (стандартне) відхилення; $t_{0p} = 35.75/0.25 = 143$; $t_{1p} = 1.7/0.25 = 6.8$; $t_{2p} = 1.35/0.25 = 5.4$; $f_0 = N(m - 1) = 4(2 - 1) = 4$; $q = 0.05$, $t_T = 2.78$ (таблиця 2 Додатка В).

За другим способом для перевірки значимості коефіцієнтів регресії використовують довірчий інтервал Δb_i , який через рівність S_{bi}^2 для всіх коефіцієнтів є однаковим для всіх b_i : $\Delta b_i = \pm t_T \cdot S_{bi} = \pm 2.78 \cdot 0.25 = \pm 0.695$.

Значимість оцінюють, порівнюючи абсолютні значення коефіцієнту та довірчого інтервалу:

$$|b_i| > |\Delta b_i|. \quad (15)$$

Як видно, і за умовою (14), і за умовою (15) всі коефіцієнти регресії є значимими. Отже, рівняння має вигляд:

$$\hat{Y}_p = 35.75 + 1.7X_1 - 1.35X_2. \quad (16)$$

Якщо для будь-якого коефіцієнту умови (14) і (15) не виконуються, то відповідний фактор можна признати не значимим і виключити його з рівняння регресії (без перерахунку інших коефіцієнтів).

Перевірка адекватності лінійного рівняння регресії

Знайдемо спочатку розрахункові значення функції відгуку Y_u :

$$\begin{aligned}\hat{Y}p_1 &= 35.75 + 1.7 \cdot (+1) - 1.35 \cdot (+1) = 36.1, \quad \hat{Y}p_2 = 35.75 + 1.7 \cdot \\ &(-1) - 1.35 \cdot (+1) = 32.7, \\ \hat{Y}p_3 &= 35.75 + 1.7 \cdot (+1) - 1.35 \cdot (-1) = 38.8, \quad \hat{Y}p_4 = 35.75 + 1.7 \cdot \\ &(-1) - 1.35 \cdot (-1) = 35.4.\end{aligned}$$

Потім порівнюємо дві дисперсії. Одна, дисперсія адекватності $S_{ад^2}$, показує розсіювання середніх дослідних даних змінної стану $\bar{Y}_u$ відносно $\hat{Y}p_u$:

$$\begin{aligned}S_{ад^2} &= \frac{m}{N-l} \sum_{u=1}^N (\bar{Y}_u - \hat{Y}p_u)^2 = \frac{2}{4-3} [(36.2 - 36.1)^2 + (32.6 - 32.7)^2 + \\ &+ (38.7 - 38.8)^2 + \\ &+ (35.5 - 35.4)^2] = 0.08.\end{aligned}$$

Тут l - кількість членів у рівнянні регресії, які залишилися після оцінки значимості. Друга дисперсія – похибка досліду S_0^2 . Адекватність перевіряють, оцінюючи співвідношення (критерій Фішера) $F_p = S_{ад^2}/S_0^2 = 0.08/0.25 = 0.32$; $F_T = 7.71$ (таблиця 4 Додатку В).

Отже $F_p < F$ і рівняння регресії адекватне, тобто розсіювання експериментальних даних $\bar{Y}_u$ відносно розрахункових $\hat{Y}p_u$ того ж порядку, що і розсіювання, викликане випадковими змінами в об'єкті досліджень (похибка досліду). При неадекватності лінійної моделі часто приймають рішення про зменшення інтервалу варіювання ΔZ_i і повторення експерименту. Можливо, що експеримент реалізовано в оптимальній області, тоді адекватним буде рівняння другого порядку. Іноді можна отримати адекватну модель, якщо лінійну неадекватну модель розгорнути до моделі неповного другого порядку:

$$\hat{Y}p = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2.$$

Для розрахунку коефіцієнта парної взаємодії b_{12} необхідно доповнити таблицю 2 стовпчиком $X_1 \cdot X_2$, розрахувати коефіцієнт b_{12} і перевірити його значимість аналогічно розрахункам коефіцієнтів b_1 і b_2 .

Розрахункова частина

Досліджувався вплив трьох факторів на швидкість кристалізації фториду алюмінію, який отримують згідно реакції: $3HF + Al(OH)_3 = AlF_3 + 3H_2O$.
Умови проведення дослідів наведено у таблиці 3, а результати в таблиці 4.

Таблиця 3 – Умови реалізації експерименту

Характеристика	Температура Z_1 , К	Концентрація розчину, Z_2 %	Тривалість Z_3 , год.
Верхній рівень			
Нульовий рівень	$363+N$	$22+0.5 \cdot N$	$2+0,01 \cdot N$
Нижній рівень			
Інтервал варіювання	10	4	0.5

В середовищі Excel відтворити фрагмент таблиці 4 і заповнити всі необхідні комірки.

При виконанні розрахунків використати вміння статистичної обробки даних, набуті при виконанні роботи.

Порядок виконання розрахунку:

- визначити верхній та нижній рівень факторів (таблиця 3);
- використати фрагмент матриці (таблиця 4) і добудувати її до матриці ПФЕ;
- розрахувати середнє значення параметра оптимізації $\bar{Y}_u$;
- розрахувати коефіцієнти рівняння регресії;
- розрахувати вибіркові дисперсії (паралельні досліди) та перевірити однорідність дисперсії S_u^2 за критерієм Кохрена;
- розрахувати дисперсію відтворення S_0^2 ;
- визначити значимість коефіцієнтів за критерієм Стюдента;
- визначити розрахункові значення параметра оптимізації $\hat{Y}p_u$ і дисперсію адекватності S_{ad}^2 ;

- перевірити адекватність рівняння регресії за критерієм Фішера.

Таблиця 4 – Матриця планування ПФЕ 2³ для умов з таблиці 4.3

№	X_0	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	$\bar{Y}_u$	S_u^2	$\hat{Y}_{p_u}$	$(\bar{Y}_u - \hat{Y}_{p_u})^2$
1	+	+	+	+	9.86N	10.91N				
2	+	-	+	+	9.09N	9.25N				
3	+	+	-	+	6.35N	6.61N				
4	+	-	-	+	5.35N	5.25N				
5	+				14.60N	13.73N				
6	+				12.02N	12.07N				
7	+				9.48N	9.43N				
8	+				6.82N	7.77N				

Розрахунок коефіцієнтів регресії на ПК за програмами користувача

1. Виконати розрахунки згідно підрозділу 4.5 за допомогою програми «ПФЕVBA.xls», що повністю відтворює ручний розрахунок. Порівняти отримані результати, при необхідності внести відповідні корективи. *Увага! Введення даних через кому.*

2. Необхідність кодування змінних в рівнянні (3) полегшує ручний розрахунок коефіцієнтів, але робить незручним його використання для інтерполяційних розрахунків. Розрахунок коефіцієнтів a_i лінійної множинної регресії за методом найменших квадратів

$$Y = a_0 + a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + \dots \quad (17)$$

за стандартною програмою «regresVBA.xls» дає можливість використання *натуральних* значень факторів Z_i для інтерполяційних розрахунків. *Увага! Введення даних через точку.*

Додамо, що за цими програмами можна обробляти матриці і в кодованих змінних для автоматизації розрахунків коефіцієнтів рівняння регресії. Розрахунки за цими програмами треба вести без вводу фіктивної змінної в кодованому вигляді.

Завдання

Розрахувати на ПК коефіцієнти рівняння (17). Дати оцінку якості опису експериментальних даних за коефіцієнтом множинної кореляції (чим ближче до 1, тим краще) і максимальним відносним відхиленням експериментальних і розрахункових значень параметра оптимізації Y .

Для виконання завдання матрицю за даними таблиць 4 і 3 представити у вигляді наступної таблиці в середовищі Excel (табл. 5).

3. За даними таблиць 4 і 5 розрахувати коефіцієнти лінійного рівняння регресії за допомогою функції «линейн». Оцінку якості апроксимації зробити за відносним відхиленням, %, розрахункових і експериментальних значень параметру оптимізації.

Контрольні питання

Активний експеримент. Фактори. Повний факторний експеримент. Функція відгуку. Інтервал варіювання. Кодування факторів. Дисперсія досліду (дисперсія відтворюваності $s^2_{\text{вдт}}$ чи s^2_0). Визначення значимості коефіцієнтів регресії. Дисперсія залишкова (дисперсія адекватності $s^2_{\text{ад}}$). Адекватність рівняння регресії. Матриця ПФЕ для 4-х факторів. ПФЕ для 2-х і 3-х факторного експерименту (рисунок).

Таблиця 5 – Матриця планування ПФЕ 2³ (натуральні значення факторів)

№	Z_1	Z_2	Z_3	$\bar{Y}_u$	$\hat{Y}_{p_u}$	відносне відхилення, %
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Додаткова література

1. Статюха Г.О. Вступ до планування оптимального експерименту. / Г.О. Статюха, Д.М. Складанний, О.С. Бондаренко - К.: НТУУ "КПІ", 2011 - 117 с.
2. Бондарь А.Г. Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. - К.: Вища шк.. 1976. - 184 с.

7.3 Практикум № 3. Дробовий факторний експеримент

Мета роботи: засвоїти методологію постановки дробового факторного експерименту, розрахувати на ПК коефіцієнти рівняння першого порядку для п'яти змінних стану хімічного процесу.

Загальні відомості

ПФЕ є досить ефективним для одержання математичної моделі досліджуваного об'єкта, особливо при кількості факторів $k > 3$. Однак, збільшення кількості факторів веде до різкого збільшення числа дослідів. Так, ПФЕ 2⁶ потребує проведення 64 дослідів, а 2⁷ вже 128. Звичайно,

точність моделі стає вищою при збільшенні числа дослідів, проте для цього потрібні більші витрати часу і засобів.

Практика показує, що для одержання достатньо точних коефіцієнтів регресії можна обмежитись невеликою кількістю дослідів, якщо ввести поняття дробового факторного експерименту ДФЕ (або дробових реплік), який представляє собою деяку частку ($1/2$, $1/4$, $1/8$ і т.д.) від повного факторного експерименту.

Скорочення кількості дослідів веде до появи кореляції між деякими стовпчиками матриці планування. Ця обставина не дозволяє відокремлено оцінювати ефекти факторів і ефекти взаємодії. З'являються так звані змішані оцінки.

Розглянемо ідею дробових реплік на конкретному прикладі. Припустимо, що необхідно описати деяку частину функції відгуку від трьох незалежних змінних лінійним рівнянням. Можна було б використати план повного факторного експерименту типу 2^3 з 8 дослідями. Обмежимося $1/2$ часткою цього плану, тобто чотирма дослідями, для чого стовпчик добутку факторів $X_1 \cdot X_2$ плану ПФЕ 2^2 дорівнюємо до третього фактора X_3 (таблиця 1).

За даним планом можна оцінити коефіцієнти регресії b_0, b_1, b_2, b_3 . Оцінки коефіцієнтів регресії будуть змішані з парними взаємодіями:

$$b'_1 = \beta_1 + \beta_{23}, \quad b'_2 = \beta_2 + \beta_{13}, \quad b'_3 = \beta_3 + \beta_{12}, \quad b'_0 = \beta_0 + \beta_{123},$$

де β_i - коефіцієнти регресії генеральної сукупності даних; b_i - їх оцінки. Стовпчик X_1 співпадає зі стовпчиком X_2X_3 , стовпчик X_2 - зі стовпчиком X_1X_3 , а стовпчик $X_1X_2X_3$ зі стовпчиком X_0 .

Можна реалізувати й іншу напіврепліку, де прийнято $X_3 = -X_1X_2$ (таблиця 2). Користуючись цією матрицею, можна одержати змішані оцінки коефіцієнтів регресії:

$$b''_1 \Rightarrow \beta_1 - \beta_{23}, \quad b''_2 \Rightarrow \beta_2 - \beta_{13},$$

$$b_3'' \Rightarrow \beta_3 - \beta_{12}, b_0'' \Rightarrow \beta_0 - \beta_{123}.$$

Таблиця 1 – Матриця планування експерименту ДФЕ 2^{3-1} . Генеруюче співвідношення, $X_3 = X_1X_2$

Дос- ліди	План							Змінна стану, Y_u
	X_0	X_1	X_2	$X_3 = X_1X_2$	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y_1
2	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	Y_2
3	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	Y_3
4	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	Y_4

Таблиця 2 - Матриця планування експерименту ДФЕ 2^{3-1} . Генеруюче співвідношення $X_3 = -X_1X_2$

Досліди	План				Змінна стану, Y_u
	X_0	X_1	X_2	$X_3 = -X_1X_2$	
1	+1	+1	+1	-1	Y_1
2	+1	-1	+1	+1	Y_2
3	+1	+1	-1	+1	Y_3
4	+1	-1	-1	-1	Y_4

З'єднавши матриці (таблиці 1 і 2), одержимо план типу 2^3 , в якому лінійні ефекти визначаються окремо. Дійсно, взявши середнє з сум і різниць для першої і другої системи змішаних оцінок, одержуємо незмішані оцінки:

$$b_1 = \frac{b_1' + b_1''}{2} = \beta_1, \quad b_2 = \frac{b_2' + b_2''}{2} = \beta_2 \quad \text{і т.д.}$$

З наведеного прикладу видно, що матриці ПФЕ діляться на частини

не довільно, а так, що властивості (ортогональність, нормування і симетричність) зберігаються і при дробовому факторному експерименті.

Таблиця 3 - Основні показники дробових реплік

Кількість факторів	Дробова репліка	Умовне позначення	Кількість дослідів ДФЕ	Кількість дослідів ПФЕ
4	1/2 від 2^4	2^{4-1}	8	16
5	1/4 від 2^5	2^{5-2}	8	32
6	1/8 від 2^6	2^{6-3}	8	64
5	1/2 від 2^5	2^{5-1}	16	32
6	1/4 від 2^4	2^{6-2}	16	64
7	1/8 від 2^7	2^{7-3}	16	128

Для позначення дробових часток (реплік), в яких p лінійних ефектів прирівняні до ефектів взаємодій, прийнято користуватись умовними позначками 2^{k-p} . Так, напіврепліка ($p = 1$) від ПФЕ типу 2^6 перетвориться в ДФЕ типу 2^{6-1} , число дослідів при цьому буде 32, а число факторів 6. В таблиці 3 наведені основні показники дробових реплік.

Для порівняння в останньому стовпці наведена кількість дослідів для повного факторного експерименту. Перевага ДФЕ за кількістю дослідів є очевидною. При вдалій організації дробових реплік можна одержати результат не гірший, ніж при ПФЕ.

Для побудови дробових реплік використовують спеціальні алгебраїчні співвідношення – генеруючі співвідношення.

Генеруюче співвідношення (рос.: генерирующее соотношение) показує, котре із взаємодій прийнято не значимим, а тому замінено в матриці планування новою незалежною змінною. Так, розглянуте вище

планування типу 2^{3-1} задавалося одним з наступних генеруючих співвідношень: $X_3 = X_1X_2$ і $X_3 = -X_1X_2$.

Ефективність системи змішування факторів і взаємодій факторів визначається дозвільною здатністю матриці. Вона буде максимальною, якщо лінійні ефекти змішані з найбільшими ефектами взаємодії за числом факторів, які входять до нього. Так, при виборі напіврепліки 2^{4-1} можливі вісім рішень:

$$1. X_4 = X_1X_2 ,$$

$$5. X_4 = X_1X_3 ,$$

$$2. X_4 = -X_1X_2 ,$$

$$6. X_4 = -X_1X_3 ,$$

$$3. X_4 = X_2X_3 ,$$

$$7. X_4 = X_1X_2X_3 ,$$

$$4. X_4 = -X_2X_3 ,$$

$$8. X_4 = -X_1X_2X_3 .$$

Найкращі рішення 7 або 8, що гарантують з великою імовірністю не значимість коефіцієнта b_{123} (взаємодії прийнято не значимими) і тим самим і дозволяють ввести нову незалежну змінну X_4 .

Зміст комп'ютерного заняття

Вивчався процес одержання первинних алкілсульфонатів в автоклаві з мішалкою. Незалежними змінними були вибрані наступні фактори (таблиця 4): Z_1 - час реакції, год.; Z_2 - температура реакції, °C; Z_3 - молярне співвідношення гідросульфиту натрію і олефінів; Z_4 - молярне співвідношення NaNO_3 і олефінів; Z_5 - об'ємне співвідношення н-пропанолу і олефінів. Змінна стану об'єкта - вихід алкілсульфонатів у відсотках від теоретичного.

Для одержання моделі використано план дробового факторного експерименту 2^{5-2} (таблиця 5). Генеруючі співвідношення мають вигляд: $X_4 = X_1X_2X_3$; $X_5 = -X_1X_2$.

Таблиця 4 – Умови реалізації експерименту ДФЕ 2^{5-2}

Назва	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Нульовий рівень	2.0	100	1.5	0.2	2.0
Інтервал варіювання	1.0	10	0.5	0.1	1.0
Верхній рівень					
Нижній рівень					

Таблиця 5 – Матриця планування ДФЕ 2^{5-2} і результати експерименту (фактори в кодованому вигляді)

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y_u	$\hat{Y}_{p_u}$	Відн. відхилення, %
1	-1	-1	-1	-1	-1	14.5/N		
2	+1	+1	-1	-1	-1	18.6/N		
3	-1	-1	+1	+1	-1	13.8/N		
4	+1	-1	+1	-1	+1	51.0/N		
5	-1	+1	+1	-1	+1	23.2/N		
6	+1	-1	-1	+1	+1	41.0/N		
7	-1	+1	-1	+1	+1	38.0/N		
8	+1	+1	+1	+1	-1	17.6/N		

Порядок виконання розрахунків:

Розрахунок коефіцієнтів за програмою «дробний експ VBA.xls» базується на методі найменших квадратів. *Увага! Розрахунки за вказаною програмою треба проводити без вводу фіктивної змінної як в кодованому, так і в натуральному вигляді.*

Таблиця 6 – Матриця планування ДФЕ 2^{5-2} і результати експерименту (фактори в натуральному вигляді)

№	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Y_u	$\hat{Y}_{p_u}$	Відн. відхилення, %
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----------------	---------------------

1						14.5/N		
2						18.6/N		
3						13.8/N		
4						51.0/N		
5						23.2/N		
6						41.0/N		
7						38.0/N		
8						17.6/N		

Отже:

- заповнити таблицю 4;
- знайти коефіцієнти моделі $Y_p = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots$ (фактори в кодованому вигляді – таблиця 5).;
- переписати з екрану розрахункові значення функції відгуку, відносні відхилення експериментальних і розрахункових значень Y , коефіцієнту множинної кореляції;
- заповнити матрицю факторів в натуральному вигляді – таблиця 6;
- знайти коефіцієнти моделі $Y_p = a_0 + a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + \dots$ за програмою «дробнийекспVBA.xls»;
- переписати з екрану розрахункові значення параметру оптимізації, відносні відхилення експериментальних і розрахункових значень Y , коефіцієнту множинної кореляції;

Виконати альтернативні розрахунки коефіцієнтів регресії в кодованому і натуральному вигляді за допомогою функції «линейн». Порівняти отримані результати за стандартною і власною програмами.

Контрольні питання

Дробовий факторний експеримент і його переваги. Ефект взаємодії. Змішані оцінки коефіцієнтів регресії. Генеруюче співвідношення. Генеруюче співвідношення з максимальною дозвільною здатністю матриці і матриця планування (репліка $\frac{1}{2}$ від 2^4) для 4-х факторного експерименту. Генеруюче співвідношення з максимальною дозвільною здатністю матриці і матриця планування (репліка $\frac{1}{2}$ від 2^5) для 5-и факторного експерименту.

Додаткова література

1. Бондарь А.Г. Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. - К.: Вища шк.. 1976. - 184 с.
2. Статюха Г.О. Вступ до планування оптимального експерименту. / Г.О. Статюха, Д.М. Складанний, О.С. Бондаренко - К.: НТУУ "КПИ", 2011 - 117 с.

7.4 Практикум №4. Дослідження факторного простору об'єкту хімічної технології методом крутого сходження

Мета роботи: засвоїти методологію руху за градієнтом методом крутого сходження, розрахувати кроки і параметр оптимізації для лінійної моделі за даними підрозділу 7.4.

Загальні відомості

Оптимізація хіміко-технологічного процесу є цілеспрямованим пошуком значень факторів, які впливають на досягнення екстремуму критерію оптимальності (з урахуванням обмежень, накладених на всі значимі фактори і функцію відгуку).

Метод крутого сходження (метод Д. Бокса - К. Уілсона) об'єднує всі переваги трьох методів: методу Гауса - Зейделя, методу градієнта і методу ПФЕ як засобу одержання лінійної математичної моделі. Суть пошуку оптимуму методом крутого сходження (або найшвидшого спуску) полягає

в кроковому русі в напрямку найшвидшого зростання (або спаду) вихідної змінної Y , тобто в напрямку градієнта.

Градієнт можна визначити за моделлю:

$$\text{grad}Y(X) = \frac{dY}{dX_i}i + \frac{dY}{dX_j}j + \dots + \frac{dY}{dX_k}k, \quad (1)$$

де $\frac{dY}{dX}$ - частинна похідна за i -тим фактором; i, j, k - одиничні вектори у напрямку координатних осей факторного простору (орти).

Якщо математична модель статистичного процесу має вигляд лінійного поліному, коефіцієнти регресії b_i якого є частинними похідними розкладання функції $Y = f(X)$ до ряду Тейлора за ступенем X_i , то оптимум шукають в напрямку градієнту з деяким кроком h_i :

$$\text{grad}Y = b_1h_1 + b_2h_2 + \dots + b_kh_k. \quad (2)$$

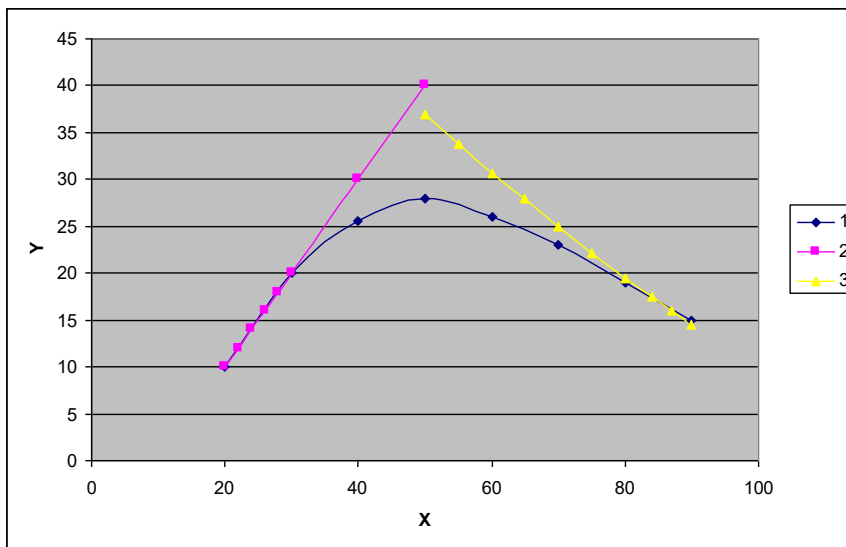


Рисунок 1 – Демонстрація методу градієнта на прикладі одного фактора X

Як видно з рисунку 1 крива 1 не може бути описаною рівнянням прямої. Тільки ділянка 2 між значеннями X 20 і 30 описується лінійним рівнянням $Y=b_0+b \cdot X$ та ділянка 3 між X 90 і 80 рівнянням $Y=b_0-b \cdot X$. Це дає можливість визначити напрям руху до максимуму функції за

наявною лінійною моделлю, але в діапазоні X $40 \div 70$ обидві лінійні моделі стають неадекватними і це вимагає постановки в цьому діапазоні X експериментів згідно плану другого порядку і пошуку екстремуму функції (див. наступну роботу).

На відміну від методу градієнта, при крутому сходженні при наявності впливу на функцію відгуку кількох факторів напрямок корегується не після кожного наступного кроку, а при досягненні в деякій точці на даному напрямку локального екстремуму цільової функції (як в методі Гауса-Зейделя). В точці локального екстремуму ставиться новий факторний експеримент, визначається математична модель і знову виконується круте сходження. В процесі руху до оптимуму зазначеним методом регулярно проводиться статистичний аналіз проміжних результатів пошуку. Пошук зупиняється, коли квадратні ефекти в рівнянні стають значимими (тобто модель перестає бути лінійною). Це означає, що досягнута область оптимуму. Подальші дослідження області оптимуму проводяться постановкою плану другого порядку.

Алгоритм методу крутого сходження Розрахунок складових градієнта

Практичний розрахунок складових градієнта реалізується розрахунком добутків коефіцієнтів регресії на певні інтервали варіювання значимих факторів. Тоді рівняння (2) матиме вигляд:

$$\text{grad}Y(X) = b_1\Delta X_1 + b_2\Delta X_2 + \dots + b_k\Delta X_k \quad (3)$$

тобто, як крок крутого сходження вибираються інтервали варіювання факторів.

Вибір базового фактора

Один з впливових факторів приймають за базовий і для цього розраховують добуток відповідного коефіцієнта регресії на відповідний інтервал варіювання. Фактор, для якого зазначений добуток є

максимальним - $\max |b_i \Delta Z_k|$, приймають за базовий. В наступних рівняннях для базового фактору вводять позначення: h_a – крок крутого сходження, b_a – коефіцієнта регресії.

Вибір кроку крутого сходження

Для базового фактора вибирають крок руху h_a , з яким буде здійснюватись оптимізація. Вибір проводиться за апіорною інформацією або виходячи з технологічного досвіду. За звичай $h_a \leq \Delta Z_{i(\text{баз.})}$.

Перерахунок складових градієнта

Тут використовується умова: множення складових градієнта на будь-яке позитивне число дає точки, які також знаходяться на градієнті. Складові градієнта перераховуються за вибраним кроком h_a :

$$h_i = \frac{b_i \Delta Z_i}{b_a \Delta Z_a} h_a . \quad (4)$$

Коефіцієнти b_i , в рівнянні (4) беруть з власними знаками, кроки h_i округлюють.

Організація пошуку локального екстремуму

Пошук починається з *нульового* рівня факторів і реалізується послідовним додаванням складових градієнта до попередньо отриманих значень факторів у *натуральному* виді, при цьому одержують певну серію значень факторів крутого сходження. Переводячи їх у *кодовану* форму і підставляючи в рівняння регресії, одержують ряд "передбачених" (розрахованих, «уявними») значень змінної стану $\hat{Y}_p$. Частина з них реалізуються експериментально, і, таким чином, перевіряється точність опису об'єкта лінійним рівнянням регресії.

Стратегія практичного проведення «уявних» дослідів полягає в тому, щоб знайти такі кроки, які збільшують $\hat{Y}_p$, а потім її зменшують. (при пошуку мінімуму функції Y методом найшвидшого спуску (крутого спуску) – навпаки).

У процесі виконання розрахунків необхідно зважати на наступне: якщо здійснюється пошук мінімуму вихідної змінної, то знаки коефіцієнтів слід змінити на зворотні; якщо будь-який з факторів у процесі руху до оптимуму досягає границі області визначення, то його можна зафіксувати і продовжувати рух до оптимуму за іншими факторами.

Приклад

У прикладі ПФЕ (підрозділ 7.4) одержано адекватне рівняння регресії:

$$\hat{Y}_p = 35.75 + 1.7X_1 - 1.35X_2.$$

Припустимо, що обмеження на впливові фактори мають вигляд:

$$30^{\circ}\text{C} \leq X_1 \leq 90^{\circ}\text{C}; \quad 10 \leq X_2 \leq 40.$$

Будемо оптимізувати вихід продукту методом крутого сходження.

Результати зведено у таблицю 1, де Y_u^{ekc} - експериментальне значення виходу продукту реакції.

Базовим фактором є температура тому, що $1.7 \cdot 5 > 1.35 \cdot 1$. Прийmemo $h_a = 4^{\circ}\text{C}$, тоді крок по концентрації на крутому, сходженні дорівнює:

$$h_2 = \frac{b_2 \Delta Z_2}{b_1 \Delta Z_1} \cdot h_a = \frac{-1.35 \cdot 1}{1.7 \cdot 5} \cdot 4 = -0.63.$$

Для зручності ведення експерименту h_2 прийmemo $h_2 = -0.6$.

Розрахуємо значення для досліду № 5 (чотири досліди реалізовано в ПФЕ):

$$Z_1 = Z_{10} + h_1 = 50 + 4 = 54^{\circ}\text{C}; \quad Z_2 = Z_{20} + h_2 = 25 - 0.6 = 24.4;$$

$$X_1 = (54 - 50)/5 = 0.8; \quad X_2 = (24.4 - 25)/1 = -0.6;$$

$$\hat{Y}_{p_5} = 35.75 + 1.7 \cdot 0.8 - 1.35 \cdot (-0.6) = 37.92.$$

Для досліду № 6

$$Z_1 = 54 + 4 = 58^{\circ}\text{C}; \quad Z_2 = 24.4 - 0.6 = 23.8;$$

$$X_1 = (58 - 50)/5 = 1.6; \quad X_2 = (23.8 - 25)/1 = -1.2;$$

$$\hat{Y}_{p_6} = 35.75 + 1.7 \cdot 1.6 - 1.35 \cdot (-1.2) = 40.09.$$

Таблиця 1 - Вихідні дані та результати дослідів за методом крутого сходження

Характеристика і номер досліду	Z_1 , °C	Z_2 , %	X_1	X_2	Y_{p_u} , %	$Y_u^{екс}$, %
Центр плану (нульовий рівень)	50	25	0	0	35.75	35.2
Інтервал варіювання ΔZ_i	5	1	-	-	-	-
Коефіцієнти b_i	-	-	1.7	-1.35	-	-
Добутки $b_i \Delta Z_i$	8.5	-1.35	-	-	-	-
Крок при зміні базового фактора X_1 на 4	4	-0.63	-	-	-	-
Округлення кроку h_i	4	-0.6	-	-	-	-
Круте сходження						
Дослід № 5	54	24.4	0.8	-0.6	37.92	37.5
Дослід № 6	58	23.8	1.6	-1.2	40.09	41.3
Дослід № 7	62	23.2	2.4	-1.8	42.26	-
Дослід № 8	66	22.6	3.2	-2.4	44.43	42.9
Дослід № 9	70	22.0	4.0	-3.0	46.60	41.8
Дослід № 10	74	21.4	4.8	-3.6	48.77	39.9

Значення $\hat{Y}_u$, передбачені рівнянням регресії, не відповідають (починаючи з дослідів № 6) експериментальним даним. Це підтверджує припущення про те, що рівняння регресії погано «працює» (не є адекватним) за межами області експерименту. Проте, круте сходження виявилось ефективним: в досліді № 8 $Y_8^{екс} = 42.9$, що на $(42.9 - 38.7) = 4.2$ більше максимального виходу, який досягнуто при постановці експериментів за планом ПФЕ. Обмеження на X_1 і X_2 в ході оптимізації не порушені.

Неадекватність рівняння множинної *лінійної* регресії, починаючи з дослідів 6, вимагає переходу до моделей другого порядку.

Треба зазначити, що пошук оптимуму з певним ризиком іноді проводять і за неадекватною моделлю.

Розрахункова частина

1. Використовуючи одержану в підрозділі 7.4 математичну модель досліджуваного процесу, здійснити розрахунком в середовищі Excel пошук локального оптимуму методом крутого сходження. Результати роботи представити в вигляді таблиці 2. У таблиці 2 $Y_u^{екс}$ - експериментальні значення параметру – є невідомими і тому цей стовпчик *не заповнюється*.

2. Вище наведений алгоритм крутого сходження був розроблений для роботи з рівнянням регресії, в якому фактори надано в кодованому виді $Yp = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3$. Цей підхід є класичним і формалізує процедуру руху до екстремуму функції, тому він є корисним для науковців-початківців. Сучасний стан комп'ютерної техніки і програмування дозволяє отримувати рівняння регресії, в якому фактори надано в більш зручному натуральному виді: $Yp = a_0 + a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3$. Відповідно до цього алгоритм крутого сходження спрощується і надається в таблиці 3. Значення кроку h_i вибирається для кожного фактору дослідником з власного досвіду (враховується бажана швидкість руху к екстремуму, шкала приладів тощо) за умови, що кроки менше інтервалів варіювання: $h_i \leq \Delta Z_i$. Кількість дослідів крутого сходження визначається раціонально, виходячи з фізико-хімічної границі області визначення факторів, вплив яких на параметр оптимізації вивчається.

Таблиця 2 - Вихідні дані та результати дослідів за методом крутого сходження для 3-х змінних стану хімічного процесу

Характеристика і номер дослідів	Z_1	Z_2	Z_3	1 X_{align}	X_2	X_3	Y_{pu}	Y_u^{ekc}
Центр плану (нульовий рівень)				0	0	0		
Інтервал варіювання ΔZ_i				-	-	-	-	-
Коефіцієнти b_i	-	-	-				-	-
Добутки $b_i \Delta Z_i$				-	-	-	-	-
Крок h_i при зміні базового фактора				-	-	-	-	-
Округлення кроку h_i				-	-	-	-	-
Круте сходження								
Дослід № 9								-
Дослід № 10								-
Дослід № 11								-
Дослід № 12								-
Дослід № 13								-

Таблиця 3 - Організація пошуку локального екстремуму

Характеристика і номер дослідів	Z_1	Z_2	Z_3	Y_{pu}	Y_u^{ekc}
Центр плану (нульовий					

рівень)					
Інтервал варіювання ΔZ_i				-	-
Коефіцієнти a_i				-	-
Кроки h_i				-	-
Дослід № 9					-
Дослід № 10					-
Дослід № 11					-
Дослід № 12					-
Дослід № 13					-

Контрольні питання

Сутність методу крутого сходження. Градієнт. Фактори. Функція відгуку (параметр оптимізації). Інтервал варіювання. Вибір базового фактора. Вибір кроку сходження. «Уявні» дослідни. Адекватність рівняння регресії.

Додаткова література

1. Статюха Г.О. Вступ до планування оптимального експерименту. / Г.О. Статюха, Д.М. Складанний, О.С. Бондаренко - К.: НТУУ "КПІ", 2011 - 117 с..
2. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. - К.:Вища шк., 1976 – 184 с.

7.5 Практикум №5. Прийняття технологічних рішень за регресійними моделями другого порядку

Мета роботи: вивчити методологію планування експерименту за планами другого порядку і пошуку екстремуму функції. Розрахувати на ПК

коефіцієнти рівняння другого порядку і знайти положення екстремуму для 2-х, 3-х, 4-х змінних стану хімічного процесу.

Загальні відомості

У підрозділах 7.4 і 7.6 представлена стратегія постановки повного факторного експерименту (ПФЕ) і організації «крутого сходження» (задача максимізації функції відгуку) або «найшвидшого спуску» (задача мінімізації функції відгуку). Після досягнення області оптимуму проводиться постановка планів другого порядку. При використанні математичної моделі у вигляді поліному другого порядку не можна обмежитись двома рівнями варіювання факторів, як в ПФЕ підрозділу 7.4. Однак, трьох рівневі плани типу 3^n при великій кількості факторів $n \geq 4$ стають неекономічними через занадто велику кількість дослідів.

Бокс і Уілсон показали, що додавши до дворівневого плану ПФЕ певні точки факторного простору, можна одержати план з меншою кількістю дослідів, ніж план типу 3^n . Загальна кількість дослідів при такому плануванні визначається формулою:

$$N = 2^n + 2n + N_0,$$

де кожна складова визначає число дослідів у ПФЕ типу 2^n , "зоряних" точок і нульових точок. Так, для плану з $n = 4$ $N = 16 + 8 + 1 = 25$, тоді як $3^n = 3^4 = 81$.

Великою перевагою планів Бокса і Уилсона є те, що їх можна одержати з лінійних моделей планів 2^n , за якими пошук оптимуму виявився неадекватним. Всі проведені експерименти залишаються, а план доповнюється деякою кількістю підібраних "зоряних" точок. Вибір "плеча" "зоряних" точок і числа нульових точок залежить від виду плану. В інженерній практиці широко застосовують ортогональні плани другого порядку, оцінка і порівняння яких дається в [1, 2]. Характеристики ортогонального планування наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Величина «плеча» α (координата «зоряної» точки)

Назва	Кількість незалежних факторів n			
	2	3	4	5
Ядро плану	2^2	2^3	2^4	2^{5-1}
$\pm\alpha$	1,00	1,215	1,414	1,547
Кількість дослідів у центрі плану	1	1	1	1

Переведення кодованих значень величини «плеча» в натуральне значення здійснюється за формулою: $Z = \alpha\Delta Z + Z_0$, де Z_0 і ΔZ значення фактору на нульовому рівні ПФЕ і інтервал варіювання, відповідно.

Як приклад наводимо

композиційний план

ортогонального експерименту для

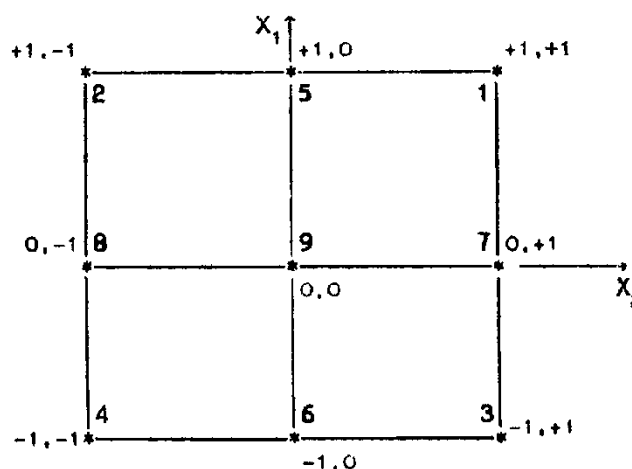
двох факторів (таблиця 2) і

рисунок 1.

Рисунок 1 - Композиційний план

другого порядку для двох

факторів.



Досліди 1-4 - ядро плану (ПФЕ 2^2), досліди 5-8 - "зоряні" точки, дослід 9 - дослід у центрі плану (нульова точка).

Рівняння поліному в цьому випадку приймає вигляд:

$$\hat{Y}_p = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 \quad (1)$$

Необхідні розрахункові формули для обробки результатів експерименту (розрахунок коефіцієнтів рівняння типу (1), оцінка їх значимості і перевірка адекватності одержаного рівняння) наведені в [1, 2].

Зазначимо, що класичний підхід, який наведено у [1, 2] і вище за текстом, передбачає використання кодованих значень факторів (1; -1; 0; $\pm\alpha$), що дозволяє розрахувати коефіцієнти рівняння регресії за методом найменших квадратів (МНК) у матричній формі. Це, в свою чергу, спрощує процедуру розрахунків вручну. Проте, з появою ПК і стандартних програмних продуктів МНК може бути використаний для розрахунків коефіцієнтів рівняння типу (1), в якому фактори $X_1, X_2 \dots$ представляють в натуральному вигляді $Z_1, Z_2 \dots$ (тобто фактори мають розмірність фізико-хімічних та інших величин).

На сучасних комп'ютерах МНК може бути використаний для розрахунків коефіцієнтів рівняння типу:

$$\hat{Y}_p = a_0 + a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_{12} Z_1 Z_2 + a_{11} Z_1^2 + a_{22} Z_2^2, \quad (2)$$

Одержані таким чином моделі є більш зручними у користуванні, тому що не потребують перевodu значень параметрів у кодовану форму перед їх підстановкою в рівняння регресії. При розрахунках за програмою кафедри ТНР та ЗХТ, окрім значень коефіцієнтів, видаються статистичні величини: відносне відхилення розрахункових та дослідних значень функції відгуку (параметра оптимізації) і коефіцієнт множинної кореляції (КМК). Чим ближче значення КМК до одиниці, тим вище точність одержаного рівняння.

Загальна постановка задачі оптимізації

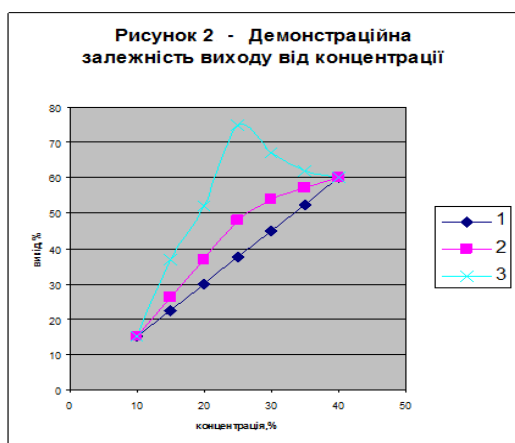
Задача оптимізації досліджуваного процесу полягає у знаходженні значень факторів X_i , які оптимізують. Прийнятий показник $\hat{Y}_p$ (параметр оптимізації) - критерій оптимальності, який може прийняти максимально або мінімально можливу величину при умові, що виконуються обмеження на фактори (змінні), які накладені технологічними, експлуатаційними, конструктивними та ін. вимогами.

Прийнято розрізняти задачі статичної оптимізації: вирішують питання створення і реалізації оптимальної моделі процесу для процесів,

які проходять у режимах, що установились (стаціонарних режимах – незмінність параметрів в реальному часі), та задачі динамічної оптимізації, або задачі створення і реалізації системи оптимального управління процесом при режимі експлуатації, що не установився, для рішення яких потребується вивчення динаміки процесу (наприклад, пуск, зупинка процесу, або переведення його з одного режиму до іншого, оптимальне керування періодичним процесом). Цей вид оптимізації розглядається дисципліною «Контроль і керування хіміко-технологічним процесом».

Задачі статичної оптимізації часто вирішують пошуковими методами, які відрізняються великою різноманітністю [1]. Найбільш простим і широко застосованим методом є метод Гауса - Зейделя. При оптимізації цим методом оптимум досліджуваного процесу шукають почерговим кроковим варіюванням кожної змінної (фактору) до досягнення локального оптимуму вихідної змінної - функції відгуку або параметра оптимізації.

Спочатку досягається оптимум у напрямку однієї з координатних осей при фіксованому значенні факторів по іншим координатним осям. Потім, зафіксувавши знайдене значення фактору, переходять до варіювання другого фактору, де знов досягається локальне значення оптимуму і т.д. Недолік цього методу – велика трудомісткість, яка усувається застосуванням ПК.



При пошуку оптимуму на ПК необхідно в багатьох випадках задавати обмеження на технологічні параметри. Це диктується, насамперед, фізико-хімічними особливостями процесу (наприклад, температура розчину не повинна перевищувати температуру його кипіння), а також видом залежності $Y = f(X_i)$.

Перехід від лінійної (пряма 1 рисунка 2) залежності $Y = f(X)$ до залежності другого порядку може дати криву з чітко вираженим оптимумом (крива 3) в границях нижнього X_n (10%) і верхнього X_v (40%) рівнів фактора, а також криву 2, для якої найбільше значення Y розташоване на границі X_n або X_v (в даному випадку X_v). Тобто в останньому випадку необхідно вводити обмеження фактора на X_n або X_v (щоб не вийти за межі досліджуваної області) при пошуку екстремальних значень Y . При великій кількості факторів важко передбачити їх вплив і тому вводять обидва обмеження, щоб запобігти виходу в область, яка не досліджувалась.

Розрахункова частина Двофакторний експеримент

Використовуючи результати «крутого сходження» (підрозділ 7.6), реалізовано експеримент в області оптимуму, результати якого наведені в таблиці 2.

1. Розрахувати на ПК коефіцієнти рівняння регресії для двох випадків:

- а) фактори задані в кодованому вигляді;
- б) фактори задані в натуральному вигляді.

Оцінити якість опису результатів експерименту за коефіцієнтом множинної кореляції (КМК) і відносним відхиленням Y і $\hat{Y}_p$.

2. Знайти оптимум функції з обмеженнями на фактори, які визначені в таблиці.2.

Таблиця 2 – Вихідні дані (ортогональне планування для $n = 2$)

Дослід №	Натуральні значення		Кодовані значення		Вихід, %
	$Z_1, ^\circ C$	$Z_2, \%$	X_1	X_2	Y
1	70	23,2	+1	+1	10,78(0.1N+1)
2	70	22,0	+1	-1	1,74(0.1N+1)
3	62	23,2	-1	+1	24,05(0.1N+1)
4	62	22,0	-1	-1	16,16(0.1N+1)
5	70	22,6	+1	0	6,26(0.1N+1)
6	62	22,6	-1	0	20,10(0.1N+1)
7	66	23,2	0	+1	17,96(0.1N+1)
8	66	22,0	0	-1	9,49(0.1N+1)
9	66	22,6	0	0	13,72(0.1N+1)

3. За отриманим на ПК рівнянням для факторів, що задані в кодованому виді, знайти оптимум функції аналітичним методом. Для цього взяти частинні похідні по X_1 та X_2 , дорівняти їх 0, вирішити систему двох рівнянь відносно X_1 та X_2 . Розрахувати значення функції Y_p за знайденими X_1 та X_2 (рівняння 1), розрахувати натуральні значення факторів Z_1 та Z_2 за рівнянням, що наведені в підрозділі 7.4. Порівняти Y_p , X_1 та X_2 з відповідними значеннями, що отримані розрахунком оптимуму на ПК, зробити висновки щодо причин розходження за двома методами розрахунку та можливості реалізації дослідів при отриманих аналітично оптимальних значеннях Z_1 та Z_2 .

4. Перевірити правильність рішення системи двох рівнянь за допомогою програми «Система рівнянь VBA.xls».

Розрахунки за власноруч створеною програмою

Алгоритм розрахунку

1. Скласти таблицю (матрицю) даних за рівнянням (1) - фактори задані в кодованому вигляді, тобто створити колонки X_1 , X_2 , $X_1 \cdot X_2$, X_1^2 , X_2^2 , Y і знайти коефіцієнти рівняння за допомогою функції ЛИНЕЙН (див. підрозділ 7.3). Перед використанням функції ЛИНЕЙН необхідно зберегти (записати) файл програми тому, що при некоректному використанні цієї функції можливо «зависання» комп'ютера. Ця функція повертає коефіцієнти у зворотному порядку відносно правої частини рівняння (1).

2. Розрахувати значення Y_p за отриманим рівнянням.

3. Оцінити якість опису результатів експерименту за відносним відхиленням, %, Y і Y_p .

4. Знайти оптимум функції Y_p з обмеженнями на фактори, що визначені в таблиці 2. Для цього звернутися в меню *Сервис, надстройка Поиск решения*. Якщо ця *надстройка* не встановлена, звернутися до команди *Надстройки*, відмітити *Поиск решения*, *Ок*.

Зауваження. Налаштування надбудови «Поиск решения» в Excel. Лівою кнопкою миші клацнути по кнопці *Office* (лівий верхній кут). У вікні, що відкрилося, обираємо функцію *Параметры Excel*. У вікні обрати вкладку *Надстройки*. В даній вкладці знизу навпроти *Управление* обираємо *Надстройки Excel*. Після обрання клацнути на *Перейти*. У вікні відмітити *Поиск решения*, *ОК*. *Поиск решения* з'являється у вкладці *Данные*.

Порядок пошуку оптимуму описано нижче за текстом.

Трифакторний експеримент (програма «opt3фактVBA.xls»)

Досліджувався процес окиснення гіпофосфіту натрію залізом. Для уточнення умов кількісного окиснення гіпофосфіту натрію залізом і знаходження можливої реакційної поверхні проводили оптимізацію процесу за одержаною математичною моделлю. За мету ставилось

знаходження значень факторів, які ведуть до повного окиснення гіпофосфіту натрію. Матриця планування представлена в таблиці 3.

Для випадку з трьома невідомими (таблиця 3) рівняння регресії приймає вид (фактори в кодованому і натуральному виді:

$$Yp = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 \quad (3)$$

$$Yp = a_0 + a_1Z_1 + a_2Z_2 + a_3Z_3 + a_{12}Z_1Z_2 + a_{13}Z_1Z_3 + a_{23}Z_2Z_3 + a_{11}Z_1^2 + a_{22}Z_2^2 + a_{33}Z_3^2 . \quad (4)$$

1. Розрахувати на ПК коефіцієнти рівняння регресії для двох випадків:

- а) фактори задані в кодованому вигляді;
- б) фактори задані в натуральному вигляді.

Оцінити якість опису результатів експерименту за коефіцієнтом множинної кореляції (КМК) і відносним відхиленням.

2. Знайти оптимум функції (максимум і мінімум) з обмеженнями на фактори, які визначені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Вихідні дані (ортогональне планування для $n = 3$)

№ дослідю	Кодовані значення			Натуральні значення			Ступінь окиснення
	X_1	X_2	X_3	Z_1 ,моль/л	Z_2 ,pH	Z_3 ,хв.	Y ,%
1	-1	-1	-1	0,027	0,5	10	$13,921 \cdot (1+0,05N)$
2	1	-1	-1	0,037	0,5	10	$14,026 \cdot (1+0,05N)$
3	-1	1	-1	0,027	1,5	10	$10,963 \cdot (1+0,05N)$
4	1	1	-1	0,037	1,5	10	$11,068 \cdot (1+0,05N)$
5	-1	-1	1	0,027	0,5	20	$55,481 \cdot (1+0,05N)$
6	1	-1	1	0,037	0,5	20	$55,690 \cdot (1+0,05N)$
7	-1	1	1	0,027	1,5	20	$51,323 \cdot (1+0,05N)$
8	1	1	1	0,037	1,5	20	$51,531 \cdot (1+0,05N)$
9	-1,215	0	0	0,026	1	15	$29,479 \cdot (1+0,05N)$
10	1,215	0	0	0,038	1	15	$29,667 \cdot (1+0,05N)$
11	0	-1,215	0	0,032	0,392	15	$31,629 \cdot (1+0,05N)$
12	0	1,215	0	0,032	1,608	15	$27,302 \cdot (1+0,05N)$
13	0	0	-1,215	0,032	1	8,925	$9,825 \cdot (1+0,05N)$
14	0	0	1,215	0,032	1	21,07	$59,654 \cdot (1+0,05N)$
15	0	0	0	0,032	1	15	$29,573 \cdot (1+0,05N)$

Таблиця 3 (продовження)

3. За отриманим на ПК рівнянням для факторів, що задані в кодованому виді, знайти оптимум функції аналітичним методом. Для цього

Досліди	Кодовані значення				Натуральні значення				Ступінь розкладання
	X_1	X_2	X_3	X_4	Z_1 , °C	Z_2 , хв	Z_3 , %	Z_4 , %	Y %
1	+	+	+	+	80	60	100	51.6	89.9/(1+0,01N)
2	-	-	+	+	30	15	100	51.6	42.0/(1+0,01N)
3	+	-	-	+	80	15	60	51.6	66.0/(1+0,01N)
4	-	+	-	+	30	60	60	51.6	36.4/(1+0,01N)
5	+	-	+	-	80	15	100	14	76.8/(1+0,01N)
6	-	+	+	-	30	60	100	14	55.7/(1+0,01N)
7	+	+	-	-	80	60	60	14	91.0/(1+0,01N)
8	-	-	+	-	30	15	100	14	47.6/(1+0,01N)
9	+	-	+	+	80	15	100	51.6	74.1/(1+0,01N)
10	-	+	-	+	30	60	60	51.6	52.0/(1+0,01N)
11	+	+	-	+	80	60	60	51.6	74.1/(1+0,01N)
12	-	-	-	+	30	15	60	51.6	29.6/(1+0,01N)
13	+	+	+	-	80	60	100	14	94.8/(1+0,01N)
14	-	-	+	-	30	15	100	14	49.6/(1+0,01N)
15	+	-	-	-	80	15	60	14	68.6/(1+0,01N)
16	-	+	-	-	30	60	60	14	57.8/(1+0,01N)
17	0	0	0	0	55	37.5	80	32.8	61.8/(1+0,01N)
18	1.414	0	0	0	90.35	37.5	80	32.8	94.4/(1+0,01N)
19	-1.414	0	0	0	19.65	37.5	80	32.8	41.7/(1+0,01N)
20	0	1.414	0	0	55	69.32	80	32.8	68.0/(1+0,01N)
21	0	-1.414	0	0	55	5.69	80	32.8	42.4/(1+0,01N)
22	0	0	1.414	0	55	37.5	108.28	32.8	72.6/(1+0,01N)
23	0	0	-1.414	0	55	37.5	51.72	32.8	54.0/(1+0,01N)
24	0	0	0	1.414	55	37.5	80	59.38	58.6/(1+0,01N)
25	0	0	0	-1.414	55	37.5	80	6.22	67.3/(1+0,01N)

взяти частинні похідні функції відгуку по X_1 , X_2 та X_3 , дорівняти їх 0, вирішити систему трьох рівнянь відносно X_1 , X_2 та X_3 за допомогою

програми «Система рівнянь VBA.xls». Розрахувати значення функції $\hat{Y}_p$ за знайденими X_1 , X_2 та X_3 за рівнянням (2).

4. Порівняти $\hat{Y}_p$, X_1 , X_2 та X_3 з відповідними значеннями, що отримані розрахунком оптимуму на ПК, зробити висновки щодо причин розходження за двома методами розрахунку та можливості реалізації досліду при отриманих аналітично оптимальних значеннях X_1 , X_2 та X_3 .

5. Виконати завдання п.3 для факторів, що задані в натуральному виді Z_i .

6. Виконати розрахунки за власноруч створеною програмою. Алгоритм розрахунків (на *окремому* листі) за рівняннями (3, 4) повністю відповідає вищенаведеним (для двофакторного експерименту) 4 пунктам.

Чотирифакторний експеримент

Необхідно визначити умови досягнення максимального ступеня розкладання боратів сумішшю сірчаної (сульфатної) та фосфорної кислот. Як фактор, від якого залежить ступінь розкладання Y , вибираємо такі умови: Z_1 - температура реакції, °C; Z_2 - тривалість реакції, хв. Z_3 - норма фосфорної кислоти, %; Z_4 - концентрація фосфорної кислоти, % P_2O_5 .

Матриця планування наведена в таблиці 4.

Рівняння поліному для чотирьох факторів має вигляд (фактори в кодованому виді):

$$\hat{Y}_p = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{14}X_1X_4 + b_{23}X_2X_3 + b_{24}X_2X_4 + b_{34}X_3X_4 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{44}X_4^2.$$

(3)

1. Розрахувати на ПК коефіцієнти рівняння регресії для двох випадків:

а) фактори задані в кодованому вигляді;

б) фактори задані в натуральному вигляді.

Оцінити якість опису результатів експерименту за коефіцієнтом множинної кореляції (КМК) і відносним відхиленням $\bar{Y}$ і $\hat{Y}_p$.

Таблиця 4 - Вихідні дані (ортогональне планування для $n = 4$).

Досліди	Кодовані значення				Натуральні значення				Ступінь розкладання
	X_1	X_2	X_3	X_4	Z_1 , °C	Z_2 , хв	Z_3 , %	Z_4 , %	Y %
1	+	+	+	+	80	60	100	51.6	89.9/(1+0,01N)
2	-	-	+	+	30	15	100	51.6	42.0/(1+0,01N)
3	+	-	-	+	80	15	60	51.6	66.0/(1+0,01N)
4	-	+	-	+	30	60	60	51.6	36.4/(1+0,01N)
5	+	-	+	-	80	15	100	14	76.8/(1+0,01N)
6	-	+	+	-	30	60	100	14	55.7/(1+0,01N)
7	+	+	-	-	80	60	60	14	91.0/(1+0,01N)
8	-	-	+	-	30	15	100	14	47.6/(1+0,01N)
9	+	-	+	+	80	15	100	51.6	74.1/(1+0,01N)
10	-	+	-	+	30	60	60	51.6	52.0/(1+0,01N)
11	+	+	-	+	80	60	60	51.6	74.1/(1+0,01N)
12	-	-	-	+	30	15	60	51.6	29.6/(1+0,01N)
13	+	+	+	-	80	60	100	14	94.8/(1+0,01N)
14	-	-	+	-	30	15	100	14	49.6/(1+0,01N)
15	+	-	-	-	80	15	60	14	68.6/(1+0,01N)
16	-	+	-	-	30	60	60	14	57.8/(1+0,01N)
17	0	0	0	0	55	37.5	80	32.8	61.8/(1+0,01N)
18	1.414	0	0	0	90.35	37.5	80	32.8	94.4/(1+0,01N)
19	-1.414	0	0	0	19.65	37.5	80	32.8	41.7/(1+0,01N)
20	0	1.414	0	0	55	69.32	80	32.8	68.0/(1+0,01N)
21	0	-1.414	0	0	55	5.69	80	32.8	42.4/(1+0,01N)
22	0	0	1.414	0	55	37.5	108.28	32.8	72.6/(1+0,01N)
23	0	0	-1.414	0	55	37.5	51.72	32.8	54.0/(1+0,01N)
24	0	0	0	1.414	55	37.5	80	59.38	58.6/(1+0,01N)
25	0	0	0	-1.414	55	37.5	80	6.22	67.3/(1+0,01N)

2. Знайти оптимум функції з обмеженнями на фактори, що задані в таблиці 4 (максимальні і мінімальні значення кожного фактора).

Визначення екстремуму функції аналітичним методом

Для дво- і трифакторної моделі (фактори в кодованому виді) взяти частинні похідні за змінними x_i , прирівняти 0 і вирішити систему рівнянь відносно x_i за допомогою програми «Система рівняньVBA.xls». Розрахувати значення параметру оптимізації y_{opt} за знайденими x_i . Зробити висновки.

Правила використання надбудови «Поиск решения» при пошуку оптимуму функції

УВАГА: при зверненні до другого варіанту «Поиск решения» (наприклад, перехід від кодованих до натуральних значень факторів) на тому самому листі система (надбудова) залишить останні (попередні) умови, а тому необхідно обов'язково змінити всі пункти діалогового вікна!

Рекомендація: виконати розрахунки 2-х і 3-х факторного експерименту на окремих листах.

Для факторів, заданих в натуральному або кодованому виді, пошук оптимуму функції з урахуванням обмежень на фактори виконується наступним чином.

1. Бажано створити окремі таблиці для зручності користування (далі приклад для 3-х факторного експерименту).

Таблиця 5 – Обмеження за умовами 3-х факторного експерименту.

Факто р	Z_1	Z_2	Z_3
Max			
Min			

Факто р	X_1	X_2	X_3
Max	1,215	1,215	1,215
Min	-1,215	-1,215	-1,215

2. Для пошуку оптимуму необхідно скласти таблиці залежно від виду факторів (натуральні чи кодовані):

Таблиця 6 – Пошук оптимуму 3-х факторного експерименту

Z_1	Z_2	Z_3	$Y_{\text{опт}}$
1	2	3	4

X_1	X_2	X_3	$Y_{\text{опт}}$
1	2	3	4

3. Комірки 1, 2, 3 (це не значення факторів!) таблиці 6 зі змінними (тобто з факторами) залишити пустими. В комірку 4 таблиці 6 (в якій виконується пошук оптимального значення Y) ввести рівняння поліному (одне з наступних):

$$=a_0+a_1*Z_1+a_2*Z_2+a_3*Z_3+a_{12}*Z_1*Z_2+a_{13}*Z_1*Z_3+a_{23}*Z_2*Z_3+a_{11}*Z_1^2+a_{22}*Z_2^2+a_{33}*Z_3^2,$$

$$=b_0+b_1*X_1+b_2*X_2+b_3*X_3+b_{12}*X_1*X_2+b_{13}*X_1*X_3+b_{23}*X_2*X_3+b_{11}*X_1^2+b_{22}*X_2^2+b_{33}*X_3^2.$$

Коефіцієнти $a_0, a_1, \dots, b_0, b_1, \dots, b_{33}$ ввести шляхом абсолютних посилань на розраховані значення (поставити курсор на координату комірки в рівнянні і натиснути F4), а невідомі змінні ввести посиланням на комірки 1, 2, 3 таблиці 6.

4. Зайти в меню «Сервис» - надбудова «Поиск решения». В діалоговому вікні необхідно виконати наступні дії: «Целевая ячейка» - вибрати комірку (4 таблиці 4) з набраним рівнянням. «Равной» - задати необхідні умови пошуку оптимуму (максимальне або мінімальне), що залежать від поставленої задачі. «Изменяя ячейку» - виділити комірки 1, 2, 3 таблиці 6 з невідомими значеннями змінних (тобто адреси пустих комірок).

«Ограничения» - «Добавить» з'являється діалогове вікно, у якому в пункті «Ссылка на ячейку» послідовно виділити (зробити посилання на) комірки 1, 2, 3 таблиці 4, а в пункті «Ограничение» послідовно виділити (зробити посилання на) комірки із таблиці 3 і ввести логічний вираз ($\leq$, $\geq$); «Добавить» - ввести наступне обмеження. По закінченні «ОК».

Для кожної змінної повинно бути мінімум два обмеження (максимальне та мінімальне значення згідно умов експерименту, що наведені у таблиці 5). При необхідності задати обмеження на параметр оптимізації (наприклад, Y_{opt} задано у %) «Добавить», виділити комірку 4 таблиці 6 і ввести логічний вираз « ≤ 100 ». «Выполнить».

5. Якщо оптимальне значення знайдено, необхідно його зберегти (діалогове вікно); в іншому випадку перевірити умови пошуку оптимуму, або задати нові умови пошуку, починаючи з пункту 4 - «Целевая ячейка».

Контрольні питання

Композиційне планування. Композиційний план другого порядку для двох факторів (надати рисунок). «Зоряні» точки, «плече» «зоряних» точок. Композиційний план другого порядку для трьох факторів (надати рисунок). Стаціонарний і нестаціонарний режими технологічних процесів. Методи пошуку оптимуму для стаціонарних режимів (задачі статичної оптимізації). Необхідність обмеження факторів і параметру оптимізації при пошуку оптимуму.

Додаткова література

1. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. - К.: Вища шк., 1976. - 184 с.
2. Статюха Г.О. Вступ до планування оптимального експерименту. / Г.О. Статюха, Д.М. Складанний, О.С. Бондаренко - К.: НТУУ "КПИ", 2011 - 117 с.

7.6 Практикум №6. Планування експерименту при побудові діаграм «склад – властивість»

Мета роботи: вивчити методологію планування експерименту за симплекс-гратчастими планами. Розрахувати в середовищі Excel коефіцієнти рівнянь різного порядку, побудувати трикомпонентну діаграму і ізолінії для досліджуваної властивості.

Симплекс – гратчасті плани

Побудова діаграм «Склад-властивість» являється важливою частиною фізико-хімічного дослідження сумішей. Наприклад, для трикомпонентних сумішей діаграми «склад-властивість» по досліджуваній дослідником змінній (властивість) являють собою сітку ізоліній на трикутнику концентрацій. Для побудови таких діаграм потрібно виконати

дуже великий об'єм експериментальних досліджень: при кроці 5% при вивченні трикомпонентної суміші потрібно провести 210 дослідів.

Г. Шеффе запропонував оптимальні плани, що дозволяють різко зменшити число дослідів. Ці плани представляються симплексними ґратками (решітками) – рисунок 1.

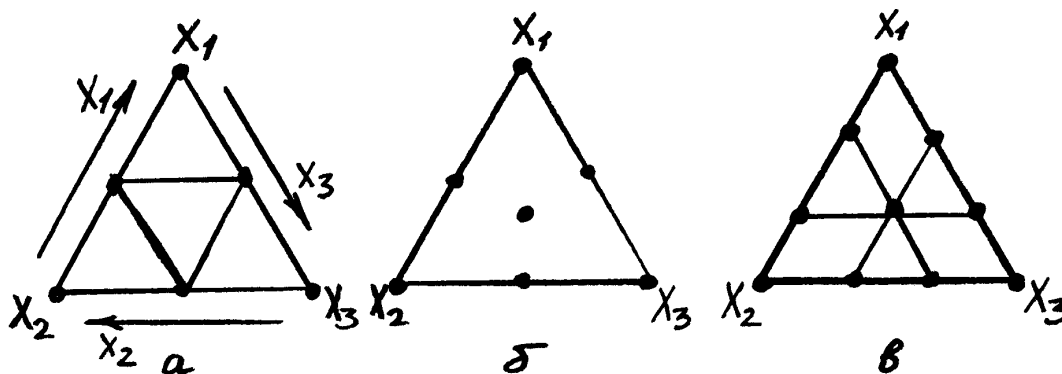


Рисунок 1 - Розташування експериментальних точок у симплекс-ґратчастих планах на площині для поліномів: **а** - другого порядку; **б** - неповного третього порядку; **в** - третього порядку.

З симплекс-ґратчастими планами більш високих порядків для трикомпонентних сумішей, а також з планами для чотирикомпонентних сумішей можна ознайомитися по монографії [1].

Симплекс-ґратчастий план експерименту другого порядку (рисунок 1,а) представлений у таблиці 1, а рівняння регресії до нього має вигляд:

$$Y_p = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3. \quad (1)$$

Розрахунок коефіцієнтів полінома (1) проводиться за формулами:

$$\begin{aligned} b_1 &= y_1; \quad b_2 = y_2; \quad b_3 = y_3; \\ b_{12} &= 4y_{12} - 2y_1 - 2y_2; \\ b_{13} &= 4y_{13} - 2y_1 - 2y_3; \\ b_{23} &= 4y_{23} - 2y_2 - 2y_3. \end{aligned} \quad (2)$$

У випадку реалізації моделі неповного третього порядку таблиця 1 доповнюється сьомим дослідом у центрі плану (рисунок 1, б) з

координатами: $X_1 = X_2 = X_3 = 0,333$ і властивістю y_{123} . Тоді рівняння полінома приймає вид:

$$Yp = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (3)$$

Таблиця 1 - Симплекс-гратчастий план експерименту (модель другого порядку)

№ дослідю	План			Відгук Y
	X_1	X_2	X_3	
1	1	0	0	Y_1
2	0	1	0	Y_2
3	0	0	1	Y_3
4	0,5	0,5	0	Y_{12}
5	0,5	0	0,5	Y_{13}
6	0	0,5	0,5	Y_{23}

Коефіцієнт b_{123} визначають за формулою:

$$b_{123} = 27 \cdot y_{123} - 12 \cdot (y_{12} + y_{13} + y_{23}) + 3 \cdot (y_1 + y_2 + y_3) \quad (4)$$

Симплекс-гратчастий план експерименту третього порядку (рисунок 1, в) представлений у таблиці 2, а рівняння регресії в цьому випадку має вигляд:

$$Yp = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + c_{12}x_1x_2(x_1 - x_2) + c_{13}x_1x_3(x_1 - x_3) + c_{23}x_2x_3(x_2 - x_3) + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (5)$$

Розрахунок коефіцієнтів полінома (5) (з огляду на те, що b_1, b_2, b_3 — по формулах (2)) проводиться за формулами:

$$b_{12} = \frac{9}{4}(y_{112} + y_{122} - y_1 - y_2); \quad b_{13} = \frac{9}{4}(y_{113} + y_{133} - y_1 - y_3); \quad b_{23} = \frac{9}{4}(y_{223} + y_{233} - y_2 - y_3); \quad c_{12} = \frac{9}{4}(3y_{112} - 3y_{122} - y_1 - y_2); \quad \text{і т.д.}; \quad (6)$$

$$b_{123} = 27 \cdot y_{123} - \frac{27}{4} \cdot (y_{112} + y_{122} + y_{133} + y_{223} + y_{233} + y_{113}) + \frac{9}{2} \cdot (y_1 + y_2 + y_3)$$

Таблиця 2 - Симплекс-гратчастий план експерименту (модель третього порядку)

№ досліду	План			Відгук Y
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	1	0	0	Y ₁
2	0	1	0	Y ₂
3	0	0	1	Y ₃
4	0,333	0,667	0	Y ₁₂₂
5	0,333	0	0,667	Y ₁₃₃
6	0	0,333	0,667	Y ₂₃₃
7	0,667	0,333	0	Y ₁₁₂
8	0,667	0	0,333	Y ₁₁₃
9	0	0,667	0,333	Y ₂₂₃
10	0,333	0,333	0,333	Y ₁₂₃

Як видно з вищенаведеного, симплекс-гратчасті плани є *насиченими*: кількість коефіцієнтів рівняння і дослідів співпадає. При цьому відсутній вільний член рівняння і рівняння першого порядку $Y_p = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$ (досліди 1 – 3 в таблицях 1 і 2) віддзеркалює відоме правило адитивності, що часто використовується для розрахунків ряду властивостей будь-яких сумішей.

Для перевірки адекватності рівняння необхідно вибрати кілька перевірочних точок, провести в них експеримент і вивчити різницю між експериментальними значеннями y_e і значеннями Y_p , отриманими за рівнянням. Ці точки вибирають або в області, що цікавить дослідника, або

в точках, які можна використати для побудови полінома більш високого порядку, При наявності R паралельних (дубльованих) дослідів у точках, передбачених планами (таблиці 1, 2) розраховують дисперсії S_{1i} (дисперсії відтворення, див. підрозділ 7.4):

$$S_{1i} = \frac{1}{R-1} \cdot \sum_{i=1}^R (y_i - \bar{y}_{1n})^2,$$

де $\bar{y}_{1n}$ — значення середнього арифметичного відгуку, у точці плану. Після

чого дисперсія усереднюється: $S_2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N S_{1i}$,

де N - кількість рядків (дослідів) у матриці планування (так, для таблиці 2 $N = 10$). При $R=1$, $S_2 = 0$.

Для перевірконої точки розраховують середнє арифметичне $\bar{y}_n$ за результатами R_1 паралельних дослідів у цій точці (умова: якщо $R = 1$ то $R_1 \geq 3$). Оцінка дисперсії в перевірочній точці:

$$S_3 = \frac{1}{R_1-1} \cdot \sum_{i=1}^{R_1} (y_{ni} - \bar{y}_n)^2.$$

За значеннями X_1, X_2, X_3 , у перевірочній точці розраховують відгук $\hat{y}_{pn}$ по отриманій моделі і потім різницю $D = ABS(\bar{y}_n - y_{pn})$.

Далі розраховується статистична характеристика KSI , яка залежать від вигляду моделі і координат *перевірочної* точки. Для полінома *другого* порядку (1):

$KSI = \sum a_i^2 + \sum a_{ij}^2$, де $a_i = x_i(2x_i-1)$ для $i=1$ координата x_1 , $i=2 - x_2$, $i=3 - x_3$; $a_{ij} = 4x_i x_j$ для $i=1$ та $j=2$ добуток $x_1 x_2$, $i=1$ та $j=3 - x_1 x_3$, $i=2$ та $j=3 - x_2 x_3$.

Розрахунки KSI для інших моделей надано в [1]. Далі розраховують критерій Ст'юдента:

$$t_p = \frac{D \cdot \sqrt{R_1}}{\sqrt{(S_2 + S_3) \cdot (1 + KSI)}}. \quad (7)$$

Якщо виконується умова $t_p < t_T$, то модель визнається адекватною. Тут t_T - табличне значення критерію Ст'юдента при степені свободи f :

а) $f=R_1-1$, якщо $R=1$ або б) $f = (N+1)(R-1)$, якщо $R>1$ (в обох випадках рівень значимості $q=0.05$). Неадекватність моделі змушує дослідника переходити до моделі більш високого порядку.

Планування експерименту методом «псевдокомпонентів»

Розглянуті у попередньому підрозділі плани передбачали проведення трьох дослідів для чистих (окремо узятих) компонентів. Досить часто при вивченні властивостей сумішей неможливо оперувати з окремо узятим компонентом тому, що його властивості і властивості суміші, в яку він входить, не узгоджені. Іншими словами необхідно досліджувати локальну область при обмеженнях на концентрацію компонентів.

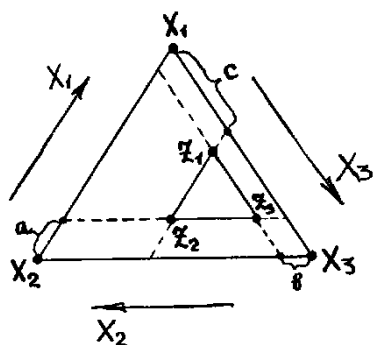


Рисунок 2 - Планування з попередньою трансформацією області дослідження при обмеженнях усіх змінних знизу.

Якщо в трьохкомпонентних сумішах усі змінні мають нижні границі $x_1 \geq a$, $x_2 \geq b$, $x_3 \geq c$ (обмеженнях усіх змінних знизу), то обмеженою областю дослідження буде рівносторонній трикутник, сторони якого паралельні сторонам концентраційного трикутника (рисунок 2), а координати вершин дорівнюють:

$$Z_1 \begin{cases} x_1^{(1)} = 1-b-c, \\ x_2^{(1)} = b, \\ x_3^{(1)} = c, \end{cases} \quad Z_2 \begin{cases} x_1^{(2)} = a, \\ x_2^{(2)} = 1-a-c, \\ x_3^{(2)} = c, \end{cases} \quad Z_3 \begin{cases} x_1^{(3)} = a, \\ x_2^{(3)} = b, \\ x_3^{(3)} = 1-a-b, \end{cases}$$

Показано [1], що перехід до псевдо компонентів Z_i може бути здійснений за допомогою трансформаційних співвідношень:

$$Z_1^{(u)} = \frac{x_1^{(u)} - a}{1 - a - b - c}, \quad Z_2^{(u)} = \frac{x_2^{(u)} - b}{1 - a - b - c}, \quad Z_3^{(u)} = \frac{x_3^{(u)} - c}{1 - a - b - c}. \quad (8)$$

При переході від псевдо компонентів Z_i до відносного вмісту X_i завжди виконується умова $Z_1 + Z_2 + Z_3 = 1$ і формули (8) приймають вигляд:

$$\begin{aligned} x_1^{(u)} &= Z_1^{(u)} \cdot (1 - a - b - c) + a, \\ x_2^{(u)} &= Z_2^{(u)} \cdot (1 - a - b - c) + b, \\ x_3^{(u)} &= Z_3^{(u)} \cdot (1 - a - b - c) + c. \end{aligned} \quad (9)$$

Планування експерименту в обмеженій області дослідження, представленої на рисунку 2, є найпростішим. Планування з довільними координатами вершин трикутника докладно розглянуте в [1].

Розрахункова частина

Завдання 1.

1.1 Провести розрахунки моделі другого порядку на калькуляторі за даними таблиці 3.

Таблиця 3 - Дані для побудови діаграми октанових чисел трикомпонентної суміші бензинів

№ дослі ду	Склад суміші, частки одиниці			Октанове число		Відгук $Y =$ $(Y_1 + Y_2)/2$	Розр Y_p
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2		
1	1	0	0	100,8- 0,01N	100,9- 0,01N		
2	0	1	0	85,2-0,01N	85,6-0,01N		
3	0	0	1	86,0-0,01N	85,0-0,01N		
4	0,5	0,5	0	88,6-0,01N	89,3-0,01N		
5	0,5	0	0,5	90,3-0,01N	90,7-0,01N		
6	0	0,5	0,5	85,5-0,01N	85,4-0,01N		
7	0,333	0,333	0,333	88,3-0,01N	88,8-0,01N		

8	0,15	0,595	0,255	86,6-0,01N	86,8-0,01N		
9	0,3	0,49	0,21	87,6-0,01N	88,1-0,01N		

Для перевірки адекватності використати в якості перевіркової точки дослід 7. Розрахунок коефіцієнтів рівняння (1) здійснювати за допомогою кодування дослідів згідно таблиці 1.

Провести розрахунки моделі другого порядку на ПК (опис програми надано нижче за текстом).

1.2 Провести розрахунки моделі неповного третього порядку на ПК за даними таблиці 3. Для перевірки адекватності використовувати досліди 8 і 9. Побудувати трикомпонентну діаграму і три ізолінії для досліджуваної властивості ($y=92\pm0,3$, $y=95\pm0,3$ і $y=98\pm0,3$).

Завдання 2.

При виробництві вибухової речовини використовувалася суміш, що складається зі сполучної речовини (X_1), окиснювача (X_2) і пального (X_3) з відносним вмістом компонентів $x_1 \geq 0,2$; $x_2 \geq 0,4$; $x_3 \geq 0,2$.

У таблиці 4 представлена матриця планування і результати дослідів (досліджувався вплив складу на модуль пружності Y). Доповнити таблицю стовпчиками Y (відгук експериментальний – середні значення Y_1 і Y_2) і Y_p – розрахункові значення відгуку функції.

Для даного прикладу рівняння (8) і (9) приймають вигляд:

$$Z_1^{(u)} = \frac{x_1^{(u)} - 0,2}{0,2}, \quad Z_2^{(u)} = \frac{x_2^{(u)} - 0,4}{0,2}, \quad Z_3^{(u)} = \frac{x_3^{(u)} - 0,2}{0,2}. \quad (10)$$

$$x_1^{(u)} = Z_1^{(u)} \cdot 0,2 + 0,2, \quad x_2^{(u)} = Z_2^{(u)} \cdot 0,2 + 0,4, \quad x_3^{(u)} = Z_3^{(u)} \cdot 0,2 + 0,2. \quad (11)$$

Таблиця 4 - Матриця планування і результати дослідів

№ дослідів	План у «псевдо компонентах»			Відносний вміст компонентів			Y_1	Y_2	Від-зук Y	Розр Y_p
	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3				
1	1	0	0	0,4	0,4	0,2	2350+10N	2360+10N		
2	0	1	0	0,2	0,6	0,2	2450+10N	2400+10N		
3	0	0	1	0,2	0,4	0,4	2650+10N	2700+10N		
4	0,5	0,5	0	0,3	0,5	0,2	2400+10N	2430+10N		
5	0,5	0	0,5	0,3	0,4	0,3	2750+10N	2700+10N		
6	0	0,5	0,5	0,2	0,5	0,3	2950+10N	2900+10N		
7	0,333	0,333	0,333	0,266	0,466	0,266	3000+10N	3050+10N		
8	0,666	0,167	0,167	0,333	0,433	0,233	2690+10N	2700+10N		

Таким чином, використовуючи стандартну матрицю, розраховується відносний вміст x_i компонентів суміші по формулі (11), а, задавши координати перевірочних точок (реальні концентрації компонентів суміші x_i), переходять до концентрацій по псевдокомпонентам Z_i по формулі (10) для розрахунку $\hat{y}_{p_n}$ і перевірки адекватності по формулі (7).

2.1 Провести розрахунки моделі другого порядку на калькуляторі за даними таблиці 4 ($Y=(Y_1+Y_2)/2$). Для перевірки адекватності використати дослід 7. Розрахунок коефіцієнтів рівняння $Y_p = b_1Z_1 + b_2Z_2 + b_3Z_3 + b_{12}Z_1Z_2 + b_{13}Z_1Z_3 + b_{23}Z_2Z_3$ здійснити за допомогою кодування дослідів згідно таблиці 1 (аналогічно завданню 1).

Провести розрахунки моделі другого порядку на ПК (опис програми надано нижче за текстом).

2.2Зробити на ПК розрахунки коефіцієнтів моделі неповного третього порядку:

$$\hat{y}_p = b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + b_3 Z_3 + b_{12} Z_1 Z_2 + b_{13} Z_1 Z_3 + b_{23} Z_2 Z_3 + b_{123} Z_1 Z_2 Z_3 \quad (12)$$

за даними 7-и дослідів таблиці 4. Перевірити адекватність моделі по досліді 8 (перевірочна точка). Переписати отримане рівняння з врахуванням формули (10). Побудувати трикомпонентну діаграму у псевдо компонентах – координати Z_i (на моніторі замість позначення Z_i програма видає x_i) і три ізолінії ($y=2500\pm 25$, $y=2700\pm 25$ і $y=2900\pm 25$) для досліджуваної властивості.

За даними таблиці 4 побудувати в звіті по роботі реальні концентраційні трикутники алогічно рисунку 2.

Порядок розрахунків на ПК трикомпонентних діаграм «склад-властивість» (симплекс-гратчасте планування).

Програма **PLANCOLI.BAS** (оболонка *QBasic*) передбачає введення всіх даних у діалоговому режимі російською мовою: назва системи і досліджуваної властивості, порядок моделі (всього п'ять видів), наявність паралельних дослідів, їх кількість, введення значень відгуку (значень досліджуваної властивості) відповідно до обраної моделі (значення відгуку, Enter). Якщо операційна система не підтримує російську мову, необхідно завантажити програму **PLANCOLA.BAS** (оболонка *QBasic*), що передбачає транслітерацію діалогу латиницею.

Після виводу коефіцієнтів рівняння йде перевірка його адекватності. З цією метою вводяться координати (через кому) перевірконої точки і значення паралельних дослідів у ній. При підказаному на моніторі числі степенів свободи ввести з клавіатури значення критерію Стюдента, користуючись довідниковою таблицею з екрана.

Побудова ізоліній (трьох на одному трикутнику) здійснюється після введення нижньої і (через кому) верхньої межі досліджуваної властивості

для кожної ізолінії. Відзначимо, що вибір границь (меж) значення досліджуваної властивості (відгуку) визначає вигляд графіку (вигляд ізоліній). Це може бути лінія чи її відрізки у випадку невеликого розходження між верхньою і нижньою межею значення відгуку або стрічка (смуга), якщо це розходження достатньо велике.

Після виводу графіка можна продовжити побудову наступної групи ізоліній (при необхідності) натиском клавіші [ПРОБІЛ].

Розрахунок в середовищі Excel коефіцієнтів моделі другого порядку і пошук складу сумішей за заданим значенням властивості.

Алгоритм розрахунку

Виконати розрахунки за даними таблиці 3:

- середніх значень $\overline{y}_{1n}$ параметру оптимізації (функція СРЗНАЧ);
- коефіцієнтів поліному за рівняннями (2). Можливе також рішення за допомогою функції «ЛИНЕЙН»: розгорнути для 6 дослідів матрицю таблиці 3, додавши стовпчики $x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3$;
- значень y_p відгуку за отриманим поліномом для 7 дослідів;
- дисперсії S_{1i} за рівнянням (3) (функція ДИСП);
- середньої дисперсії S_2 за рівнянням (4) (функція СРЗНАЧ);
- дисперсії S_3 в перевірочній точці за рівнянням (5) (функція ДИСП);
- різниці D за рівнянням (6);
- статистичної характеристики KSI за рівнянням (7);
- критерію Ст'юдента за рівнянням (8), дати висновок щодо адекватності чи неадекватності моделі (функція ЕСЛИ);
- складу сумішей з однаковим значенням y_p ($y_p=92$, $y_p=95$, $y_p=98$ - надбудова «Поиск решения») з обмеженнями: $x_i \leq 1$, $x_i \geq 0$,
 $x_1 + x_2 + x_3 = 1$.

Правила використання надбудови «Поиск решения»

1. Необхідно скласти наступну допоміжну таблицю:

$X_1 + X_2 + X_3$	X_1	X_2	X_3	Y_p
= комірка 1+комірка 2+ комірка 3	1	2	3	4

2. Комірки 1, 2, 3 таблиці зі змінними (тобто вмісту компонентів) залишити пустими. В комірку 4 ввести рівняння (1). Коефіцієнти $b_1, \dots, b_{23}$ ввести шляхом абсолютних посилань на розраховані значення (поставити курсор на координату комірки в рівнянні і натиснути F4), а невідомі змінні ввести посиланням на комірки 1, 2, 3 допоміжної таблиці.

3. Зайти в меню «Сервис» - надбудова «Поиск решения». В діалоговому вікні необхідно виконати наступні дії: «Целевая ячейка» - вибрати комірку з набраним рівнянням поліному (комірка 4 таблиці). «Равной» - задати необхідні умови пошуку: в даному випадку «значению» і ввести певне значення. «Изменяя ячейку» - виділити комірки 1, 2, 3 допоміжної таблиці з невідомими значеннями змінних (тобто адреси пустих комірок). «Ограничения» - «Добавить» - з'являється діалогове вікно, у якому в пункті «Ссылка на ячейку» виділити (зробити посилання на) комірки 1, 2, 3 таблиці, ввести логічний вираз ($>=$), а в пункті «Ограничение» ввести 0; «Добавить» - ввести наступне обмеження: ввести логічний вираз ($<=$) для комірок 1, 2, 3 таблиці, а в пункті «Ограничение» ввести 1. Закінчити введення обмежень посиланням на комірку суми $1+2+3$, логічний вираз ($=$), «Ограничение» - ввести 1. По закінченні введення 3-х обмежень (7-х, якщо ввести обмеження для кожної комірки окремо) натиснути «ОК», «Выполнить». Якщо знайдено склад суміші, що відповідає завданню,

необхідно його зберегти (діалогове вікно), ОК, скопіювати отримані значення («специальная вставка, значения, ОК») в додаткову таблицю накопичення результатів і задати нові умови пошуку згідно пункту 3 - «Равной».

Виконати наступний розрахунок: розгорнути дані **6** дослідів (без перевірконої точки) таблиці 2 шляхом додавання колонок x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3 і розрахувати коефіцієнти рівняння (1) за допомогою функції «ЛИНЕЙН» *без коефіцієнта* b_0 – вільного члена рівняння регресії (в діалоговому вікні «аргументи функції», в поле «конст» **ввести 0**). Порівняти отримані значення з вище розрахованими за рівняннями (2). Перед використанням функції «ЛИНЕЙН» необхідно зберегти (записати) файл програми тому, що при некоректному використанні цієї функції можливо «зависання» комп'ютера.

Контрольні питання

План експерименту першого і другого порядку: матриця планування і рівняння регресії. Чому ці плани називають насиченими? Перевірка адекватності рівняння. Необхідність і сутність метода «псевдо компонентів». Трансформаційні співвідношення між Z_i і x_i та x_i і Z_i . Число степенів свободи (показник f). Рівень значимості. Визначення концентрацій компонентів суміші в окремій точці трикутника для звичайних планів і планів для «псевдо компонентів».

Додаткова література

1. Комп'ютерний практикум з дисципліни «Методологія наукових досліджень» для студентів напряму 6.051301 «Хімічна технологія» професійного спрямування 8.05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин» хіміко-технологічного факультету. Укладачі: А.Л. Концевой, І.М. Астрелін, С.А. Концевой - НТУУ «КП», 2011.– 116 с.

8 ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДЕТЕРМІНОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПІД ЧАС ВИРІШЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ ЗАДАЧ

8.1 Практикум № 7. Розрахунок кінетичних параметрів топохімічних реакцій

Процеси термічного розкладання (технології одержання каталізаторів, адсорбентів, мінеральних добрив, абразивів, пігментів, напівпровідників, будівельних матеріалів та ін.) об'єднані своєю топохімічною природою – локалізацією початку реакції на деяких елементах поверхні кристалів та часток твердої речовини і подальшим розвитком реакції на границі розділення двох твердих фаз (початкової та кінцевої). Закономірності та особливості топохімічних реакцій (локалізованих у просторі – топос з древньогрецької перекладається як місце) викладено у [1, 2]. Хід таких реакцій (залежність ступеня перетворення x від часу τ) описується рівнянням Колмогорова-Єрофєєва, яке в інтегральній формі має вигляд (k – константа швидкості):

$$x = 1 - \exp(-k \cdot \tau^n), \quad (1)$$

в якому показник степеня n виражається сумою $n = a + \sigma$,

де σ - число елементарних стадій (максимум 3) при перетвореннях зародку в ядро, що активно росте, a залежить від числа напрямків, в яких ростуть ядра. . Так, $a = 1$, якщо ядра ростуть в одному напрямку (голчаста форма), $a = 2$ для двох напрямків росту ядер (форма циліндру або луски) і $a = 3$ для трьох напрямків (сфера або куб).

В залежності від того, чи росте ядро від точкового центру, лінійної вісі чи від площин, вздовж яких реакція поширюється значно ширше, показник степеню n зменшується до 2 (максимальне $n = 6$). Він може бути рівним 1, якщо активні центри є в достатній кількості на самому початку реакції, а швидкість їх росту в одному напрямку значно нижча за

швидкість росту в двох інших напрямках. В такому випадку топокінетичне рівняння стає ідентичним рівнянню першого порядку. Експериментально визначений показник степені в сильній мірі залежить від величини питомої поверхні, або дисперсності вихідної твердої фази.

Після подвійного логарифмування рівняння (1):

$$\ln(-\ln(1-x)) = \ln k + n \cdot \ln \tau ; \quad (2)$$

$$Y_1 = \ln k + n \cdot X_1 , \quad (3)$$

де $Y_1 = \ln(-\ln(1-x))$, $X_1 = \ln \tau$.

Мета роботи: розрахунок в середовищі Excel кінетичних параметрів рівняння Колмогорова - Єрофєєва.

Вихідні дані.

Залежність ступеня розкладання перманганату калію x (частки, координатна вісь Y) від часу τ (хв., координатна вісь X)

Алгоритм розрахунку

- побудувати діаграму $x = f(\tau)$ за вихідними даними (варіант N дорівнює останній цифрі залікової книжки студента). Нагадаємо, що тут і далі тип діаграми «точечный»;
- побудувати діаграму $Y_1 = f(X_1)$ за рівнянням (3). Кількість прямих відрізків означає кількість ділянок перебігу реакції з різними механізмами (різними k та n);
- розбити на 2 прямих ділянки криву $Y_1 = f(X_1)$: курсор підвести до кривої, натиснути праву клавішу миші, вибрати пункт «Исходные данные», вкладка «Ряд», розбити криву на 2 ряди з відповідними границями;
- апроксимувати кожен ділянку: курсор підвести до відрізка, натиснути праву клавішу миші, вибрати пункт «Добавить линию тренда», вкладка «Тип» – вибрати «линейная», вкладка «Параметры» – відмітити «показать уравнение на диаграмме», «поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)». В статистиці R^2 – коефіцієнт детермінації, корінь квадратний з якого R дорівнює коефіцієнту кореляції.

Чим ближче обидва показника до 1, тим краще описує рівняння експериментальні дані;

- порядок n для кожної ділянки графіку $Y_1 = f(X_1)$ дорівнює коефіцієнту перед змінною (тангенс кута нахилу прямої);

№ точки	1	2	3	4	5
x	0,0014	0,0028	0,0069	0,0125	0,0166
τ	10N	20N	30N	40N	50N

№ точки	6	7	8	9	10
x	0,022	0,0305	0,0415	0,0526	0,0706
τ	60N	70N	80N	90N	100N

№ точки	11	12	13	14	15
x	0,0941	0,1357	0,1993	0,3073	0,4527
τ	110N	120N	130N	140N	150N

№ точки	16	17	18	19	20
x	0,6008	0,7489	0,8569	0,9427	0,9787
τ	160N	170N	180N	190N	200N

- розрахувати значення константи k , що дорівнює $\exp$ (вільний коефіцієнт рівняння апроксимації);

- диференціювати рівняння (1) і одержати рівняння швидкості реакції в диференційній формі $V = dx/d\tau = k \cdot f(x, \tau)$;

- розрахувати за отриманим рівнянням швидкість процесу, побудувати діаграму залежності $V = f(\tau)$. Визначити координати (x та τ) точки з максимальною швидкістю реакції (використати функцію «макс»);

- розрахувати для кожної точки ступінь розкладання x за рівнянням (1) при значеннях отриманих значеннях n і k . Розрахувати відносне відхилення (%) експериментальних і розрахункових значень x . Доповнити діаграму $x = f(\tau)$ розрахунковою залежністю (рядом) ступеня перетворення від часу. Позначити (легенда) отримані 2 ряди: «дослід» і «розрахунок»;

- виконати машинний експеримент з різною кількістю дослідних точок (тобто з різними границями) для кожної ділянки графіка $Y_1 = f(X_1)$ з

метою максимізації коефіцієнта детермінації R^2 (нагадаємо, що R – це більш звичний коефіцієнт кореляції). Зокрема, якість апроксимації підвищується при нехтуванні першої точки як найбільш недостовірної.

Контрольні питання

Рівняння Колмогорова-Єрофєєва в інтегральній та диференціальній формах. Інтерпретація розрахункових значень порядків n .

Додаткова література

1. Астрелін І.М. Теорія процесів виробництв неорганічних речовин / І.М. Астрелін, А.К. Запольський, В.І. Супрунчук, Г.М. Прокоф'єва.- К.: Вища шк., 1992 - 399 с.
2. Еремін Е.Н. Основы химической кинетики. - М.: Высш. шк., 1986 – 541 с.
3. Комп'ютерний практикум з дисципліни «Методологія наукових досліджень» для студентів напряму 6.051301 «Хімічна технологія» професійного спрямування 8.05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин» хіміко-технологічного факультету. Укладачі: А.Л. Концевой, І.М. Астрелін, С.А. Концевой - НТУУ «КПІ», 2011.– 116 с.

8.2 Практикум № 8. Розрахунок кінетичних параметрів хімічних реакцій в потоці газу або рідини

Для необоротної реакції $\alpha A + \beta B \Rightarrow \text{продукти}$

кінетичне рівняння згідно з законом діючих мас матиме вид :

$$V = - \frac{dC_A}{d\tau} = K C_A^{n_A} C_B^{n_B} \quad (1)$$

де V - швидкість реакції; τ - час перебування в зоні реакції; k - константа швидкості; C_A та C_B – молярні концентрації речовин A і B , відповідно, (в подальших розрахунках молярні частки); n_A , n_B – порядки реакції за

компонентами А і В. Сумарний порядок кінетичного рівняння $n = n_A + n_B$.

Якщо знехтувати зміною об'єму в процесі реакції, концентрація речовини А в рівнянні (1) може бути виражена у вигляді:

$$c_A = c_{A_0} \cdot (1 - x); \quad dc_A = -c_{A_0} \cdot dx, \quad \text{тому що } x = (C_{A_0} - C_A)C_{A_0},$$

де C_{A_0} і x – початкова концентрація і ступінь перетворення речовини А.

Концентрація речовини В дорівнює:

$$C_B = C_{B_0} - C_{A_0} \cdot x \cdot \frac{\beta}{\alpha} = C_{A_0} \cdot \frac{\beta}{\alpha} \cdot \left[\frac{C_{B_0}}{C_{A_0}} \cdot \frac{\alpha}{\beta} - x \right] = C_{A_0} \cdot \frac{\beta}{\alpha} \cdot (b - x)$$

де $b = \frac{C_{B_0}}{C_{A_0}} \cdot \frac{\alpha}{\beta}$ – концентраційний параметр. Тоді швидкість реакції:

$$V = \frac{C_{A_0} \cdot dx}{d\tau} = k \cdot C_{A_0}^{n_A} \cdot (1 - x)^{n_A} \cdot C_{A_0}^{n_B} \cdot (b - x)^{n_B}, \quad \text{де} \quad k = K \cdot$$

$$(\beta/\alpha)^{n_B}.$$

Для подальших розрахунків застосовуємо рівняння:

$$V = \frac{C_{A_0} \cdot dx}{d\tau} = k \cdot [C_{A_0} \cdot (1 - x)]^{n_A} \cdot [C_{A_0} \cdot (b - x)]^{n_B}.$$

(2)

.Значення порядків реакції n_A , n_B і константи швидкості k^* знаходять після логарифмування з метою лінеаризації рівняння (2):

$$\ln(V_x \cdot C_{A_0}) = n_B \cdot \ln(C_{A_0} \cdot (b-x)) + n_A \cdot \ln(C_{A_0} \cdot (1-x)) + \ln k, \quad (3)$$

де $V_x = dx/d\tau$ – ще один вираз для швидкості реакції.

З врахуванням впливу температури за законом Ареніуса на швидкість реакції рівняння (2) змінюється на наступне:

$$V = \frac{C_{A_0} \cdot dx}{d\tau} = k_o \cdot \exp(-E/RT) \cdot [C_{A_0} \cdot (1 - x)]^{n_A} \cdot [C_{A_0} \cdot (b - x)]^{n_B},$$

(4)

що після логарифмування має лінійний вид:

$$\ln(V_x \cdot C_{A_0}) = n_B \cdot \ln(C_{A_0} \cdot (b-x)) + n_A \cdot \ln(C_{A_0} \cdot (1-x)) + E/R \cdot (1/T) + \ln k_o. \quad (5)$$

Значення n_B , n_A , $(-E/R)$, $\ln k_o$ розраховуються за рівнянням (5)

Мета роботи: розрахунок в середовищі Excel порядків реакції і

енергії активації рівняння швидкості хімічної реакції в потоці.

Вихідні дані

Залежність ступеня перетворення x (частки) від часу перебування в зоні реакції τ , (с) для 3 кінетичних кривих при температурі $T=298+5 \cdot N$, К (N – номер варіанту, дорівнює останній цифрі залікової книжки студента):

№ точки	x	τ_1	τ_2	τ_3
1	0,2	1,6/ N	0,4/ N	0,93/ N
2	0,3	2,68/ N	0,67/ N	1,53/ N
3	0,4	4,01/ N	1,0/ N	2,2/ N
4	0,5	5,7/ N	1,43/ N	3,13/ N
5	0,6	8,0/ N	2,0/ N	4,4/ N
6	0,7	10,5/ N	2,63/ N	5,83/ N
Концентрація А	C_{A0}	0,1	0,4	0,1
Конц. параметр	b	1,5	1,5	2,5

Алгоритм розрахунку

1. Розрахунок швидкості реакції при постійній температурі.

1.1 Побудувати для 3 кривих діаграму залежності ступеня перетворення x (функція) від часу τ (аргумент) (*Увага! Не навпаки!*) і апроксимувати кожну криву рівнянням третього порядку: $x = z_1 \cdot t^3 + z_2 \cdot t^2 + z_3 \cdot t + z_4$,

де z_1, z_2, z_3, z_4 – коефіцієнти рівняння апроксимації

1.2 Розрахувати швидкість реакції для 6 точок кожної кривої при відповідному часі перебування: $V_x = \frac{dx}{dt} = 3 \cdot z_1 \cdot t^2 + 2 \cdot z_2 \cdot t + z_3$

Якщо швидкість в останній точці $x=0,7$ збільшується в порівнянні з попередньою або стає від'ємною, для підвищення точності розрахунку останню точку необхідно відкинути і подальші розрахунки проводити для перших 5 точок.

2. Розрахунок кінетичних параметрів за рівнянням (3):

– розрахувати значення $\ln(C_{A0} \cdot (1-x))$, $\ln(C_{A0} \cdot (b-x))$, $\ln(V_x \cdot C_{A0})$ для кожної кривої, групувати колонки значень в єдину таблицю без

розривів та заголовків між строками і колонками, при цьому отримують матрицю з **3-х колонок** $\ln(C_{A_0} \cdot (1-x))$, $\ln(C_{A_0} \cdot (b-x))$, $\ln(V_x \cdot C_{A_0})$ і **15 строк** (з урахуванням відкидання шостої точки кожної кривої);

- розрахувати значення p_B , p_A , $\ln k^*$ з використанням функції
- ЛИНЕЙН, яка базується на методі найменших квадратів.

Увага! Перед використанням функції ЛИНЕЙН необхідно зберегти (записати) файл програми тому, що при некоректному використанні цієї функції можливо «зависання» комп'ютера. Функція ЛИНЕЙН може бути знайдена за допомогою меню: Вставка/Функции/Категория: Статистические. З можливостями функції ЛИНЕЙН необхідно ознайомитися за допомогою довідки.

У вікні, що з'являється після вибору функції ЛИНЕЙН, необхідно ввести:

- **відомі значення y** - колонка $\ln(V_x \cdot C_{A_0})$, що містить значення для всіх 3 кривих;
- **відомі значення x** - масив $\ln(C_{A_0} \cdot (1 - x))$, $\ln(C_{A_0} \cdot (b - x))$ для всіх 3 кривих;
- **конст** - логічне значення, необхідно ввести 1;
- **статистика** - необхідно ввести 0. Натиснути ОК.

У комірці, що активована, з'являється одне значення. Формулу необхідно вивести як формулу масиву. Для цього виділити *вправо* (в рядок) діапазон, що містить 3 комірки. Натиснути клавішу F2, а потім одночасно клавіші CTRL+SHIFT+ENTER. Розраховані значення повертаються в порядку p_B , p_A , $\ln k$.

Розрахувати в окремих комірках значення n , k .

Зміна значень масиву, його копіювання або зміщення приводить до необхідності очистки усіх комірок, що містять формулу ЛИНЕЙН.

3. Оцінка адекватності рівняння швидкості реакції

Розрахувати за отриманим кінетичним рівнянням

$$V_p = \frac{dx}{d\tau} = k \cdot C_{A_0}^{n-1} \cdot (1-x)^{n_A} \cdot (b-x)^{n_B}$$

значення швидкості для 5 точок кожної кривої. Розрахувати відносне відхилення, %, експериментальних V_x і розрахункових V_p значень швидкості. Визначити максимальне відхилення, зробити висновок щодо адекватності опису експериментальних даних отриманим кінетичним рівнянням (в кінетиці допускається максимальне відхилення до 15%)

4. Розрахунок кінетичних параметрів за рівнянням (4)

Матрицю (таблицю), що отримано при виконання п.2, необхідно розширити за рахунок колонки $1/T$, при цьому отримують матрицю з **4-х колонок** $1/T$, $\ln(C_{A_0} \cdot (1-x))$, $\ln(C_{A_0} \cdot (b-x))$, $\ln(V_x \cdot C_{A_0})$ і **30 строк**. Строки з 16 по 30 отримати за даними іншого варіанту (при іншій температурі). Для цього значення таблиці іншого студента при іншій температурі копіювати у буфер обміну і вставити з використанням правої кнопки миші: **Спеціальная вставка /Вставить/Значения** вниз існуючої таблиці.

Послідовність операцій при використанні функції **ЛИНЕЙН** визначено в п.2 - виділити діапазон з 4 комірок *в рядок* для виводу значень n_B , n_A , E/R , $\ln k_0$. Розрахувати в окремих комірках значення n , E , k_0 . Розрахувати за рівнянням Арреніуса k для обох температур.

5. Альтернативний розрахунок кінетичних параметрів

Для рівняння

$$V_p = k \cdot C_{A_0}^{n_1+n_2-1} \cdot (1-x)^{n_1} \cdot (b-x)^{n_2} \quad (7)$$

кінетичні параметри визначаються за допомогою надбудови «Пошук рішення». Для цього створити матрицю: 3 стовпчики V_x , V_p , $(V_x - V_p)^2$ і 15 строк. У строчці 16 розрахувати $\sum(V_x - V_p)^2$ і резервувати 3 комірки під параметри k , n_1 , n_2 . Значення V_p розрахувати за рівнянням (7) з

абсолютним посиланням на відповідні резервовані комірки. Визначити k , n_1 , n_2 за допомогою надбудови «Поиск рішення» за критерієм мінімуму $\sum(Vx - Vr)^2$. Для цього звернутися в меню *Сервис, надстройка Поиск решения*. Якщо ця *надстройка* не встановлена, звернутися до команди *Надстройки, відмітити Поиск решения, Ок*.

Зауваження. Налаштування надбудови «Поиск решения» в Excel 2007. Лівою кнопкою миші клацнути по кнопці *Office* (лівий верхній кут). У вікні, що відкрилося, обираємо функцію *Параметры Excel*. У вікні обрати вкладку *Надстройки*. В даній вкладці знизу навпроти *Управление* обираємо *Надстройки Excel*. Після обрання клацнути на *Перейти*. У вікні відмітити *Поиск решения, ОК*. *Поиск решения* з'являється у вкладці *Данные*.

Порядок пошуку. Зайти в меню «Сервис» - надбудова «Поиск решения». В діалоговому вікні необхідно виконати наступні дії: «Целевая ячейка» - вибрати комірку $\sum(Vx - Vr)^2$. «Равной» - задати необхідні умови пошуку – мінімальне. «Изменяя ячейку» - виділити 3 комірки k , n_1 , n_2 з невідомими значеннями змінних (тобто адреси пустих комірок).

«Выполнить».

Якщо оптимальні значення k , n_1 , n_2 знайдено, необхідно їх зберегти (діалогове вікно) – ОК.

Використати дані іншого варіанта (при іншій температурі – варіанти повинні відрізнятися на 7 і більше одиниць!), доповнити ними створену матрицю, в рівнянні (7) виразити константу швидкості рівнянням Ареніуса і визначити k_0 , E , n_1 , n_2 за вище описаною методикою.

Округлити отримані порядки і константу швидкості рівняння (2) до цілих значень, аналітично інтегрувати отримане рівняння (по τ від $\tau = 0$ до $\tau = \tau$; по x від $x=0$ до $x=x$), розрахувати значення часу перебування τ для кожної точки 3-х кривих. Розрахувати відносне відхилення (%) експериментальних і розрахункових значень τ . Провести розрахунки

за пунктами 1, 2 і 3 алгоритму з врахуванням початкової точки $\tau = 0$, $x = 0$ для 3 кривих.

Контрольні питання

Визначення швидкості хімічної реакції. Закон діючих мас. Молекулярність реакції і порядок кінетичного рівняння. Рівняння Ареніуса. Фізико-хімічний сенс енергії активації і передекспоненційного множника. Інтегрування кінетичних рівнянь нульового, першого і другого порядків.

Додаткова література

1. Комп'ютерний практикум з дисципліни «Методологія наукових досліджень» для студентів напряму 6.051301 «Хімічна технологія» професійного спрямування 8.05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин» хіміко-технологічного факультету. Укладачі: А.Л. Концевой, І.М. Астрелін, С.А. Концевой - НТУУ «КП», 2011.– 116 с.

8.3 Практикум №9. Розрахунок кінетичних параметрів за дериватографічними даними

Дериватографічне (derivative (англ.) – похідна) дослідження базується на нагріві зразка з постійною швидкістю підйому температури. Це дозволяє виявити і вивчити особливості екзо- і ендотермічних процесів (рисунок 1), що відбуваються, завдяки кривим диференціального термічного аналізу (ДТА). Крива термогравіметричного (ТГ) аналізу описує втрату маси зразка від температури (тобто отримана в неізотермічних умовах) і може замінити серію ізотермічних кривих залежності ступеня перетворення від часу, що дозволяє вивчити кінетичні закономірності процесу (топохімічного, наприклад – див. підрозділ 7.1). Дериватографія - комплексний метод дослідження хімічних та фізико-хімічних процесів, властивостей речовини, мінералів в умовах

програмованої зміни температури. Прилад, що реєструє термічні і термогравіметричні зміни називається дериватографом.

В ізотермічних умовах швидкість процесу розкладання дорівнює:

$$W = \frac{dx}{dt} = k_0[\exp(-E/RT)] \cdot f(x) \quad (1)$$

де x – ступінь перетворення, частка; $x = \frac{g}{G}$, g і G – поточна і максимальна втрата маси, мг; t – час, хв.; k_0 – передекспоненційний множник, 1/хв.; E – енергія активації, Дж/моль; R – універсальна газова стала, $R = 8,31$ Дж/(моль·К); T – температура, К; $f(x)$ – концентраційна частина рівняння кінетики.

У неізотермічних умовах в ході дериватографічного дослідження при лінійному зростанні температури $T = T_0 + q \cdot t$, $dT = q \cdot dt$, звідки $dt = dT/q$, де q – швидкість нагріву, К/хв.

Таким чином рівняння (1) приймає вид:

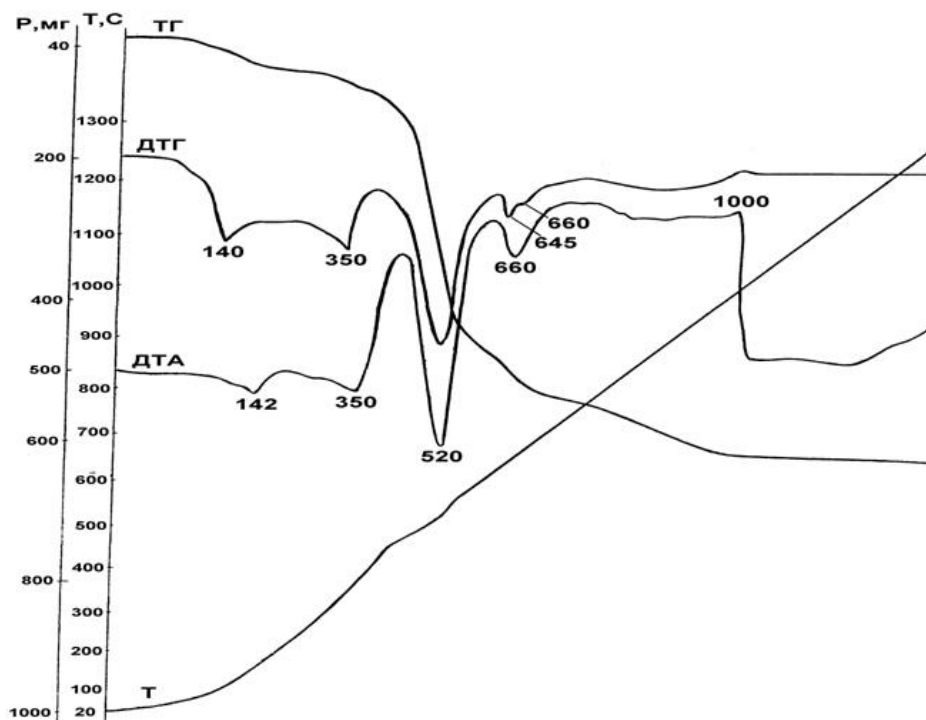
$$W = \frac{dx}{dT} = \frac{k_0}{q} [\exp(-E/RT)] \cdot f(x) \quad (2)$$

Для подальших розрахунків використано диференційний метод знаходження E і k_0 за вибраною функцією $f(x)$ – концентраційною частиною рівняння швидкості процесу, що для найбільш застосованих виразів має вид [1, 2]:

$$1. f(x) = 1; \quad 2. f(x) = x^{n_2}; \quad 3. f(x) = (1-x)^{n_1}; \quad 4. f(x) = (1-x)^{n_1} \cdot x^{n_2};$$

$$5. f(x) = (1-x)^{n_1} \cdot (-\ln(1-x))^{n_2}; \quad 6. f(x) = (-\ln(1-x))^{n_1}; \quad 7. f(x) = (1 - (1-x)^{\frac{1}{3}})^{n_1} \cdot (1-x)^{n_2}; \quad 8. f(x) = (1-x) \cdot (-\ln(1-x))^{n_1};$$

$$9. f(x) = (1-x)^{n_1} / (1 - (1-x)^{\frac{1}{3}}).$$



T – температура, °C; P – втрати маси (далі по тексту g і G), мг;

TГ – термогравіметричний аналіз;

ДТГ – диференціальний термогравіметричний аналіз;

ДТА – диференціальний термічний аналіз

Рисунок 1 – Приклад дериваторами.

Значення порядків n_1 і n_2 , а також вид функції $f(x)$ дозволяють судити про можливий механізм процесу.

Алгоритм [3] обробки експериментальних даних і розрахунку кінетичних констант полягає в наступному:

- апроксимація залежності $x = f(T)$ поліномом 3 – 4 порядку;
- диференціювання отриманого полінома і розрахунок дослідних значень швидкості процесу $W = dx/dT$;
- розрахунок кінетичних констант. З цією метою рівняння кінетики (2), наприклад, для механізму $f(x) = (1-x)^{n_1}$

$$W = \frac{k_0}{q} [\exp(-E/RT)] \cdot (1-x)^{n_1}$$

(3)

представляють у вигляді:

$$\ln W = \ln \frac{k_0}{q} - E/RT + n_1 \ln(1 - x). \quad (4)$$

Знаходження k_0 , E і n_1 (а також n_2 у випадках 2, 4, 5, 7) проводиться по методу найменших квадратів за умови:

$$\sum (\ln W - \ln W_r)^2 = 0, \quad (5)$$

де W_r - розрахункові (за кінетичним рівнянням) значення швидкості;

- статистичний аналіз результатів полягає в розрахунку відносного відхилення дослідних і розрахункових значень швидкостей (ВВШ):

$$\circ \text{ ВВШ} = (W - W_r) \cdot 100 / W \quad (6)$$

Завдяки застосуванню ПК досягається висока точність розрахунку швидкості процесу W , що є визначним моментом при використанні диференціального методу. Відмічено важливий факт аномальної залежності константи швидкості k від температури $k = k_0 \cdot \exp(E/RT)$ для ряду вище наведених $f(x)$, що дозволяє відмовитися від обговорення таких кінетичних рівнянь і механізмів. Такий варіант диференціального методу вигідно відрізняється від інтегрального методу [3], згідно якого пошук енергії активації E здійснюється шляхом підбору E для залежності константи швидкості від температури згідно рівняння Арреніуса, при цьому рівняння швидкості процесу представлені в інтегральному виді з заданими порядками реакції.

За наявності декількох виразів $f(x)$, для яких $k = k_0 \cdot \exp(-E/RT)$, вибір проводиться на користь функції з мінімальним числом кінетичних порядків і низькими значеннями ВВШ. Перелік і аналіз механізмів і рівнянь кінетики реакцій твердих тіл дивись у роботі [2].

Мета роботи: розрахунок в середовищі Excel порядків реакції і енергії активації рівняння швидкості реакції за даними термічного гравіметричного (ТГ) аналізу.

Вихідні дані

Залежність втрати маси (мг) від температури, °С, для ТГ кривої при швидкості нагріву $q=5$ град./хв.:

Втрата маси, g, мг	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
Тем-ра, °С	450	464	470	475	479	482	485	489	491	497	500	510

Алгоритм розрахунку

1. Розрахунок швидкості реакції:

- перерахувати значення температури в градуси К;
- розрахувати дослідну ступінь перетворення: $x = \frac{g}{G}$;
- побудувати діаграму 1 залежності ступеня перетворення x від температури T без першої і останньої точок (для підвищення точності подальших кінетичних розрахунків) і апроксимувати криву рівнянням третього порядку: $x_r = z1 \cdot T^3 + z2 \cdot T^2 + z3 \cdot T + z4$,

(7)

де $z1, z2, z3, z4$ – коефіцієнти рівняння апроксимації;

*Увага! Коефіцієнти рівняння z_i видати з розрядністю не менше 10! (значна різниця значень температури і ступеня перетворення). Для цього відмітити отримане рівняння на діаграмі, натиснути праву клавишу миші, вибрати *формат подписей данных*, далі закладка *число*, формат *числовой*, *число десятичных знаков* – встановити 10.*

- знайти (для перевірки якості апроксимації) розрахункову ступінь перетворення x_r за отриманим рівнянням. Нанести на діаграму 1 залежність ступеня перетворення x_r від температури T ;
- розрахувати швидкість реакції W для всіх точок при відповідному значенні температури T : $W = 3 \cdot z1 \cdot T^2 + 2 \cdot z2 \cdot T + z3$.

2 Розрахунок кінетичних параметрів за рівнянням (4):

– розрахувати значення $1/T$, $\ln(1-x)$, $\ln(W \cdot q)$, при цьому групувати колонки значень в єдину таблицю без розривів та заголовків між строками і колонками. Використати значення x експериментальні;

– розрахувати значення n , E/R , $\ln k_0$ з використанням функції ЛИНЕЙН, що базується на методі найменших квадратів.

Перед використанням функції ЛИНЕЙН необхідно зберегти (записати) файл програми тому, що при некоректному використанні цієї функції можливо «зависання» комп'ютера. Функція ЛИНЕЙН може бути знайдена за допомогою меню: Вставка/Функции/Категория: Статистические. З всіма можливостями функції ЛИНЕЙН необхідно ознайомитися за допомогою довідки Excel.

У вікні, що з'являється після вибору функції ЛИНЕЙН, необхідно ввести:

- **відомі значення y** - стовпчик $\ln(W \cdot q)$;
- **відомі значення x** - масив $1/T$, $\ln(1 - x)$;
- **конст** - логічне значення, необхідно ввести 1;
- **статистика** - необхідно ввести 0 (якщо 1, видача статистичних даних). Натиснути ОК.

У комірці, що активована, з'являється одне значення. Формулу необхідно вивести як формулу масиву. Для цього виділити *вправо* (в рядок) діапазон, що містить 3 комірки. Натиснути клавішу F2, а потім одночасно клавіші CTRL+SHIFT+ENTER. Розраховані значення повертаються в порядку n , E/R , $\ln k_0$. Розрахувати в окремих комірках значення E , k_0 .

Зміна значень масиву, його копіювання або зміщення приводить до необхідності очистки усіх комірок, що містять формулу ЛИНЕЙН.

3 Розрахунок значень швидкості за отриманим кінетичним рівнянням:

- розрахувати W_{r1} за рівнянням (3) для всіх, окрім першої та останньої, точок ТГ кривої. Використати *експериментальні* значення ступеня перетворення x ;

– розрахувати W_{r2} за рівнянням (3) для всіх, окрім першої та останньої, точок ТГ кривої. Використати *розрахункові* значення ступеня перетворення x_r ;

– розрахувати ВВШ за рівнянням (6) для W_{r1} ;

– побудувати діаграму 2 залежності W , W_{r1} і W_{r2} від температури;

– зробити висновок щодо якості описання експериментальних даних кінетичним рівнянням.

Виконати розрахунок для механізмів 2 і 5 за вище наведеним алгоритмом. Для механізму 5 прийняти $n_1=1$ (рівняння Аврамі-Єрофєєва для *топохімічних реакцій*), тобто знайти порядок n_2 , енергію активації E і множник k_0 .

Контрольні питання

Принцип дериватографічного аналізу. Вплив механізму процесу на вид кінетичного рівняння. Вивести рівняння Аврамі-Єрофєєва (механізм 5, $n_1=1$) з рівняння Єрофєєва-Колмогорова в інтегральній формі $x = 1 - \exp(-k \cdot \tau^n)$, тобто диференціювати останнє рівняння і зробити певні перетворення.

Додаткова література

1. Шестак Я. Теория термического анализа. – М.: Мир, 1987. – 456 с.
2. Браун М. Реакции твердых тел /М. Браун, Д. Доллимор, А. Галвей. – М.: Мир, 1987. – 360 с.
- 3 Астрелин И.М. Синтез фторгидроксидкарбонатапатитов и расчет кинетических параметров их термолiza. / И.М. Астрелин, А.Л. Концевой, Н.М. Манчук, А.Б. Костенко. ЖНХ.- т.34. - №10. - 1989. - с.2587-2592.
- 4 Zsaco J. Kinetic Analysis of Thermogravimetric Data. J. Phys. Chem., - 1968 - v.72, №7, - P. 2406-2411.

8.4 Практикум № 10. Розрахунок кінетичних параметрів складних хімічних реакцій

Основні поняття та визначення

Кінетика хімічних реакцій в значній мірі визначає хімічний процес і відіграє важливу роль у хімічній технології. Вона відкриває можливості свідомого управління промисловими процесами, дозволяє ставити і вирішувати питання їх інтенсифікації. У зв'язку з цим встановлення кінетичних закономірностей є необхідною умовою при розробці того чи іншого технологічного процесу та управління ними. Особливо це важливо при проектуванні хімічних реакторів методом математичного моделювання, що, зокрема, впливає зі схеми складання математичної моделі.

Хімічна кінетика вивчає хімічну реакцію як процес, що протікає у часі за певним механізмом.

Розрізняють *прості хімічні реакції*, що протікають в одну стадію, та складні реакції, що протікають через кілька стадій (тобто є сукупністю простих хімічних реакцій). Механізмом (*кінетичною схемою*) хімічної реакції називаються сукупність простих реакцій, за якими вони протікають.

У ході хімічної реакції концентрації її учасників змінюються. Вихідні речовини (реагенти) витрачаються, їх концентрація зменшується, утворюються продукти, концентрація яких збільшується. Якщо реакція є складною, то утворюються проміжні речовини, концентрація яких спочатку зростає, а потім зменшується до нуля. *Кінетичною кривою* називається залежність концентрації будь-якого компонента (ступеня перетворення вихідної речовини) від часу. Як і будь-яка функція, кінетична крива може бути задана у вигляді графіка, таблиці чи аналітичного рівняння.

Найбільш важливим поняттям є «швидкість хімічної реакції» та «швидкість хімічної реакції за даною речовиною». Нехай у гомогенній системі з об'ємом V проходить хімічна реакція, і за час dt i -го учасника реакції у системі змінилось на величину dn_i . У цьому випадку, якщо стехіометричне рівняння невідоме, її швидкість визначається за компонентом i , як реакційної системи, взятої зі знаком «+» якщо речовина утворюється у ході хімічної реакції, та зі знаком «-» якщо воно витрачається:

$$w_i = \pm \frac{1}{V} \frac{dn_i}{dt}$$

Швидкість w_i називається *швидкістю хімічної реакції за речовиною i* . Якщо об'єм реакційної системи постійний, його можна внести під знак диференціалу:

$$\frac{1}{V} \frac{dn_i}{dt} = \frac{d(n_i/V)}{dt} = \frac{dC_i}{dt},$$

то швидкість хімічної реакції за речовиною буде дорівнювати похідній його концентрації (має розмірність моль/дм³, позначається C_A , або $[A]$) за часом:

$$w_i = \pm \frac{dC_i}{dt}.$$

Якщо стехіометричне рівняння реакції відоме, то швидкість можна визначити за будь-яким її учасником. Нехай, наприклад, рівняння реакції має вигляд:



Тоді:

$$w_A = -\frac{1}{V} \frac{dn_A}{dt}, w_B = -\frac{1}{V} \frac{dn_B}{dt}, w_Y = \frac{1}{V} \frac{dn_Y}{dt} \text{ и } w_Z = \frac{1}{V} \frac{dn_Z}{dt}$$

Швидкості w_A , w_B , w_Y та w_Z не дорівнюють одна одній. Із стехіометричного рівняння (1) випливає, що якщо у ході реакції витратилось a моль речовини A , то одночасно витратилось b моль

речовини В, та утворилось у та z моль речовин Y та Z, тобто має місце таке рівняння:

$$\frac{w_A}{a} = \frac{w_B}{b} = \frac{w_Y}{y} = \frac{w_Z}{z}$$

В цьому випадку необхідно поділити швидкість хімічної реакції за даною речовиною на його стехіометричний коефіцієнт, і ввести швидкість w:

$$w = -\frac{1}{a} \frac{1}{V} \frac{dn_A}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{1}{V} \frac{dn_B}{dt} = \frac{1}{y} \frac{1}{V} \frac{dn_Y}{dt} = \frac{1}{z} \frac{1}{V} \frac{dn_Z}{dt}$$

Швидкість w називається *швидкістю хімічної реакції*. Якщо об'єм реакційної системи є постійним

$$w = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{y} \frac{d[Y]}{dt} = \frac{1}{z} \frac{d[Z]}{dt}.$$

У хімічній кінетиці дуже важливо знати, як швидкість реакції залежить від концентрації реагентів. Відповідь на це питання дає *основний постулат хімічної кінетики (кінетичний закон діючих мас)*. швидкість хімічних реакцій прямо пропорційна добутку молярних концентрацій реагуючих речовин, що взяті в ступенях, які рівні стехіометричним коефіцієнтам відповідних речовин в рівнянні реакції. Для реакції (1):

$$w = k[A]^a[B]^b$$

Коефіцієнт пропорційності k називається *константою швидкості* хімічної реакції. Вона не залежить від концентрацій учасників реакції, а залежить від температури за законом Ареніуса

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}},$$

де T — абсолютна температура; R — універсальна газова стала; E — енергія активації; e — основа натуральних логарифмів; **k₀** — предекспоненціальний множник. Відмітимо, що **k₀** відповідає загальній кількості зіткнень молекул, а вираз **exp(-E/RT)** — частці активних молекул, зіткнення яких закінчується хімічним перетворенням. Показники степені α та β називаються *порядком* хімічної реакції за речовиною А та В, відповідно.

Сума порядків реакції за А та В, $\alpha + \beta$, називається *сумарним порядком* хімічної реакції.

Крім порядку, для простих реакцій використовують ще таке поняття як молекулярність. *Молекулярність* хімічної реакції – число молекул, що вступило у дану реакцію. Для простих хімічних реакцій значення молекулярності та сумарного порядку співпадають. Молекулярність може бути 1, 2 або 3. Значень, більших за 3, молекулярність приймати не може, оскільки вірогідність одночасного зіткнення більше, ніж 3 молекул (частинок), нікчемне мала.

Для звичайних реакцій закон діючих мас виконується суворо. У цьому випадку він може бути обґрунтований на основі фізично очевидному твердженні про те, що реагують тільки ті молекули, котрі стикаються (частота стикання пропорційна добутку концентрацій). Якщо проста реакція описується рівнянням (1), то порядки реакції за речовинами А та В рівні стехіометричним коефіцієнтам, $\alpha=a$, $\beta=b$, а сума $a+b$ є кількість молекул А та В, що стикаються та реагують між собою в ході цієї реакції, тобто молекулярність.

Для складних хімічних реакцій закон діючих мас може не виконуватись (але в багатьох випадках виконується). Для складних реакцій цей закон використовується як емпірична закономірність, при аналізі експериментальних даних.

Диференційні рівняння хімічної кінетики

Диференційні рівняння хімічної кінетики є універсальним способом виразу залежності концентрацій речовин від часу і є основою її математичного апарату. Їх записують, базуючись на визначенні швидкості хімічної реакції і основного постулату хімічної кінетики.

Швидкості зміни концентрацій учасників реакції (10.1) наступним чином пов'язані з її швидкістю?

$$\frac{d[A]}{dt} = -a \cdot w, \quad \frac{d[B]}{dt} = -b \cdot w, \quad \frac{d[Y]}{dt} = y \cdot w, \quad \frac{d[Z]}{dt} = z \cdot w$$

Виражаючи швидкість реакції через концентрації вихідних речовин за допомогою основного постулату, $w = k[A]^a[B]^b$, отримуємо систему диференціальних рівнянь, що описують зміну концентрацій учасників реакції з часом:

$$\frac{d[A]}{dt} = -a \cdot k[A]^a[B]^b, \quad \frac{d[B]}{dt} = -b \cdot k[A]^a[B]^b, \quad \frac{d[Y]}{dt} = y \cdot k[A]^a[B]^b, \quad \frac{d[Z]}{dt} = z \cdot k[A]^a[B]^b.$$

Для запису диференціальних рівнянь, що відповідають складним реакціям, також використовують принцип незалежності протікання хімічних реакцій. Згідно цьому принципу, якщо в системі є кілька простих реакцій (стадій складної реакції), то кожна з них протікає по таким самим кінетичним законам і з тією ж швидкістю, як і за відсутності інших реакцій. Іншими словами, вираз для швидкості кожної реакції записується згідно з основним постулатом хімічної кінетики, причому концентрація реагентів, що входять до складу виразу швидкості, рівні їх дійсним концентраціям⁴. Із принципу незалежності випливає, що якщо речовина є учасником кількох хімічних реакцій, то швидкість зміни його концентрації дорівнює сумі швидкостей реакції, де ця речовина утворюється, мінус сума швидкостей реакції, в яких воно витрачається, помножених на відповідні стехіометричні коефіцієнти.

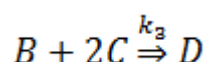
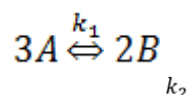
Методика вирішення диференціальних рівнянь у середовищі MathCAD

Для вирішення диференціальних рівнянь Mathcad надає користувачеві бібліотеку вбудованих функцій *Differential Equation Solving*, призначених для числового рішення диференціальних рівнянь [2].

⁴ Принцип незалежності випливає з того, що елементарні хімічні перетворення протікають незалежно одне від одного, оскільки, по перше, число зіткнень, що призводять до хімічного перетворення, мале у порівнянні з загальним числом зіткнень, по друге, утворюються вони практично миттєво.

Мета роботи: набуття вмінь складати кінетичні моделі складних реакцій та їх розв'язувати за допомогою математичного пакету MathCad.

В якості прикладу розглянемо складну хімічну реакцію, яка описується наступними рівняннями реакцій:



Виразимо рівняння реакцій у вигляді кінетичних рівнянь за компонентами, методику запису яких було описано вище:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_A}{dt} = 3(-k_1 \cdot C_A^3 + k_2 \cdot C_B^2) \\ \frac{dC_B}{dt} = 2(k_1 \cdot C_A^3 - k_2 \cdot C_B^2) - k_3 \cdot C_B \cdot C_C^2 \\ \frac{dC_C}{dt} = -2 \cdot k_3 \cdot C_B \cdot C_C^2 \\ \frac{dC_D}{dt} = k_3 \cdot C_B \cdot C_C^2 \end{array} \right.$$

Перед тим як розв'язувати кінетичну модель, задамо константи швидкості для реакцій (оскільки реакції протікають в ізотермічному режимі, то вони просто будуть виражатися одним числом, в іншому випадку — через рівняння Арреніуса): константи швидкості для першої прямої реакції $k_1=2$; першої зворотної реакції $k_2=0.5$; другої прямої реакції $k_3=1$.

- Для вирішення системи диференціальних рівнянь (ДР) використаємо вбудовану функцію **Odesolve**. (Функція odesolve вирішує поставлене завдання методом Рунге-Кутта з фіксованим кроком. Для вирішення завдання методом Рунге-Кутта з автоматичним вибором кроку потрібно клацнути в

робочому документі на ім'я функції правою кнопкою миші і позначити у спливаючому меню пункт адаптивним);

- ✓ Записуємо ключове слово **Given**
- ✓ Після запису ключового слова запишемо нашу систему диференціальних рівнянь (використати вікно «calculus» для вводу похідної):

$$\frac{d}{dt} A(t) = 3(-k_1 \cdot A(t)^3 + k_2 \cdot B(t)^2)$$

$$\frac{d}{dt} B(t) = 2(k_1 \cdot A(t)^3 - k_2 \cdot B(t)^2) - k_3 \cdot B(t) \cdot C(t)^2$$

$$\frac{d}{dt} C(t) = -2k_3 \cdot B(t) \cdot C(t)^2$$

$$\frac{d}{dt} D(t) = k_3 \cdot B(t) \cdot C(t)^2$$

- ✓ Запишемо початкові умови для вирішення диференціального рівняння (вихідні концентрації компонентів до початку реакції):

$$A(0) = 6 \quad B(0) = 0 \quad C(0) = 8 \quad D(0) = 0$$

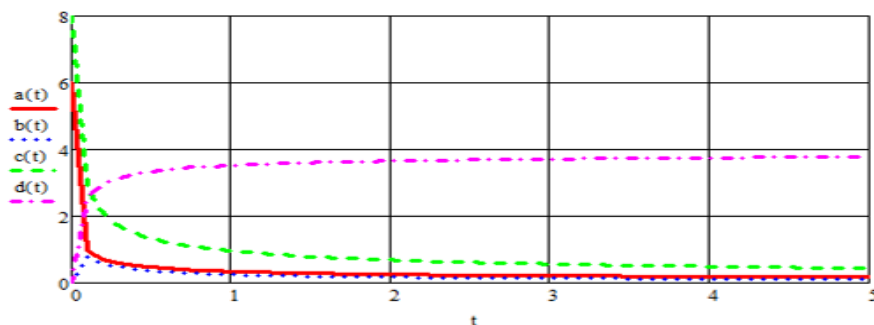
Записуємо функцію Odesolve відносно нашої системи ДР:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} := \text{Odesolve} \left[\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{pmatrix}, t, 7 \right]$$

- ✓ Записуємо інтервал часу t, протягом якого буде відбуватися реакція з кроком 0.1:

$$t := 0, 0.1.. 5$$

✓ Відобразимо графічну інтерпретацію результатів



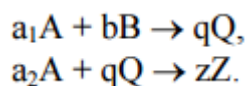
✓ З використанням функції **Trace** (клацнути правою кнопкою миші в полі діаграми), знайдемо кінцеві значення концентрацій компонентів A_k , B_k , C_k , D_k .

$$A_k = 0,2446; C_k = 0,5146; B_k = 0,0942; D_k = 3,7424.$$

Завдання

1. Реалізувати вищенаведений приклад. Порівняти отримані дані з даними контрольного розрахунку. У випадку отримання результатів контрольного розрахунку, виконати наступний пункт.
2. За вищенаведеною методикою розглянути складну хімічну реакцію: $(a_1 + a_2)A + bB \rightarrow zZ$,

котра протікає по механізму, що складається з 2 стадій:



Речовина А витрачається в обох реакціях, тому швидкість зміни її концентрації рівна взятій зі знаком мінус сумі швидкостей реакцій, помножених на стехіометричні коефіцієнти:

$$\frac{d[A]}{dt} = -a_1 w_1 - a_2 w_2$$

Речовина Q утворюється в першій реакції та витрачається в другій, тому перед доданком qw_1 знак «+», а перед qw_2 знак «-»:

$$\frac{d[Q]}{dt} = qw_1 - qw_2$$

Речовина B витрачається в першій реакції:

$$\frac{d[B]}{dt} = -bw_1$$

Речовина Z утворюється у другій реакції:

$$\frac{d[Z]}{dt} = zw_2$$

Згідно принципу незалежності та основному постулату хімічної кінетики:

$$w_1 = k_1[A]^{a_1}[B]^b, \quad w_2 = k_2[A]^{a_2}[Q]^q$$

В цьому випадку система диференціальних рівнянь має вид:

$$\begin{aligned} \frac{d[A]}{dt} &= -a_1k_1[A]^{a_1}[B]^b - a_2k_2[A]^{a_2}[Q]^q, \quad \frac{d[B]}{dt} = -bk_1[A]^{a_1}[B]^b, \\ \frac{d[Q]}{dt} &= qk_1[A]^{a_1}[B]^b - qk_2[A]^{a_2}[Q]^q, \quad \frac{d[Z]}{dt} = zk_2[A]^{a_2}[Q]^q. \end{aligned}$$

Стехіометричні коефіцієнти $a_1=2$; $a_2=1$; $b=1$; $q=2$; $z=2$. Вихідні концентрації компонентів $A_0=4$; $B_0=3$; $Q_0=0$; $Z_0=0$. Константи швидкості $k_1=5$; $k_2=2$.

3. Вирішити систему диференціальних рівнянь (пункт 2) за допомогою функції *rkfixed* [2].

Для вирішення вищенаведеної системи диференціальних рівнянь методом Рунге-Кутта з використанням функції *rkfixed* необхідно створити вектор початкових умов з чотирьох елементів, для цього проводимо заміну змінних:

$$[A] = x_0; [B] = x_1; [Q] = x_2; [Z] = x_3.$$

1. Вектор початкових умов необхідно представити у вигляді матриць значень. Для цього на панелі інструментів Mathcad вибрати пункт меню

“Вставить”, далі “Матрицы” або використати символ безпосередньо на панелі інструментів.

$$\begin{aligned} \underline{k1} &:= 5 & \underline{a1} &:= 2 & \underline{z1} &:= 2 \\ \underline{k2} &:= 2 & \underline{a2} &:= 1 & & \\ \underline{q1} &:= 2 & \underline{b1} &:= 1 & & \end{aligned}$$

$$x := \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

2. Систему диференційних рівнянь записуємо також у вигляді матриці, елементи якої містять праві частини рівнянь системи в нормальному записі. Враховуючи проведену заміну змінних система рівнянь набуває наступного вигляду:

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} -a1 \cdot k1 \cdot (x_0)^{a1} \cdot (x_1)^{b1} - a2 \cdot k2 \cdot (x_0)^{a2} \cdot (x_2)^{q1} \\ -b1 \cdot k1 \cdot (x_0)^{a1} \cdot (x_1)^{b1} \\ q1 \cdot k1 \cdot (x_0)^{a1} \cdot (x_1)^{b1} - q1 \cdot k2 \cdot (x_0)^{a2} \cdot (x_2)^{q1} \\ z1 \cdot k2 \cdot (x_0)^{a2} \cdot (x_2)^{q1} \end{bmatrix}$$

$D(t, x)$ – векторна функція. Вектор правих частин диференційних рівнянь.

3. Викликаємо функцію `rkfixed`.

$$\underline{G} := \underline{rkfixed}(x, 0, 0.5, 100, D)$$

$$n := 0..100$$

Функція `rkfixed` містить наступні аргументи:

x – вектор початкових умов;

0 – початок відрізка, на якому відбувається пошук вирішення системи (відрізка інтегрування). В цій точці значення невідомих функцій приймаються рівними елементам вектора x ;

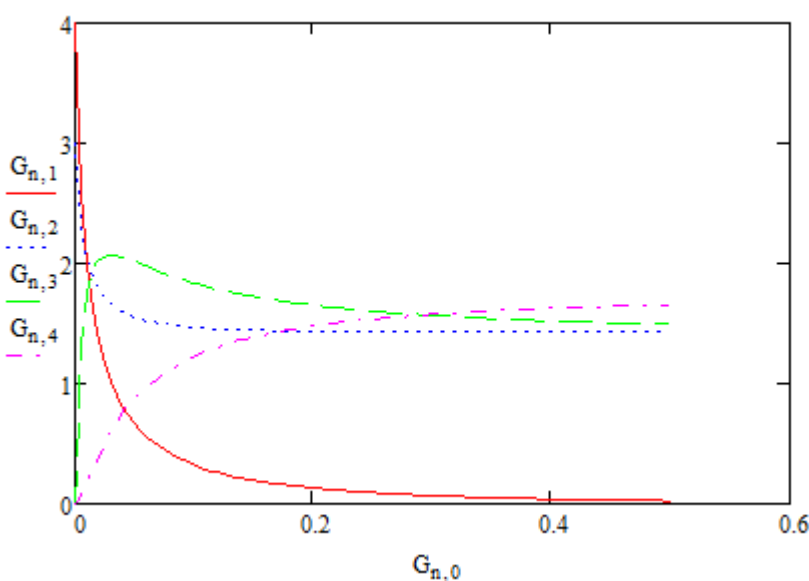
0,5 – кінець відрізка інтегрування;

100 – кількість частин, на які розбивається відрізок $[0, 0.5]$. Чим більше це число, тим точніше рішення;

$D(t, x)$ – векторна функція.

4. Відобразимо графічну інтерпретацію результатів.

Для побудови графіка використати пункт меню “Графіки”, далі “Х – У графіки”. Для побудови 4-х залежностей на одному графіку залежності записують через кому: на осі ординат $G_{n,1}, G_{n,2}, G_{n,3}, G_{n,4}$, а на осі абсцис $G_{n,0}$.



Контрольні питання

Визначення швидкості хімічної реакції. Закон діючих мас. Молекулярність реакції і порядок кінетичного рівняння. Рівняння Ареніуса. Фізико-хімічний сенс енергії активації і передекспоненційного множника. Прості і складні реакції, навести приклади. Методика складання

систем диференціальних кінетичних рівнянь. Вирішення системи диференціальних рівнянь за допомогою вбудованої функції **Odesolve**.

Додаткова література

1. Хімічні розрахунки в середовищі Mathcad : навч. посібник / В. І. Коробов, В. Ф. Очков. – Д. : Вид-во ДНУ, 2012. – 216 с.
2. Хімія. Хімічна кінетика та рівновага [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. В. Підгорний, Т. М. Назарова. – Електронні текстові дані (1 файл: 11,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 68 с.

8.5 Практикум № 11. Вивчення методів параметричної ідентифікації об'єкту хімічної технології при здійсненні хімічної реакції

Мета роботи – набуття навичок моделювання кінетики хімічних реакцій на ЕОМ та розрахунок кінетичних констант.

Основні теоретичні положення

Для роз'язання математичної моделі можна використати наступну вбудовану функцію:

rkfixed (**y**, **x1**, **x2**, **n**, **F**) – видає таблицю результатів рішення систем звичайних диференціальних рівнянь методом Рунге-Кутта четвертого порядку з фіксованим кроком інтегрування. Ця функція має п'ять аргументів: **y** - вектор початкових значень шукані функції; **x1** - початкове значення незалежної змінної; **x2** - кінцеве значення незалежної змінної; **n** - фіксоване число кроків інтегрування; **F** - праві частини системи рівнянь, записані у векторі в символьному виді. Функція **rkfixed** (**y**, **x1**, **x2**, **n**, **F**) видає таблицю результатів рішень з (**m** + 1) стовпцями і **n** рядками (**m** - число рівнянь у системі). Нульовий стовпець таблиці -це поточні значення незалежної змінної (аргументу) **x**. Вони визначаються через **x1**, **x2** і **n**

Наступні стовпці рішення визначають значення ординат шуканих $y_1(x)$, $y_2(x)$, ... для відповідних поточних значень аргументу x .

Результат рішення системи звичайних диференціальних рівнянь з використанням функції **rkfixed** ($y, x1, x2, n, F$) у Mathcad представлений у виді таблиці - певним чином побудованої матриці. При цьому перший стовпець таблиці (матриці) містить значення незалежної змінної на кожному кроці інтегрування. Другий – значення першої шуканої функції для заданого значення незалежної перемінний ні кожному кроці інтегрування, третій – значення другої шуканої функції й і т.д.

Робота виконується у програмному середовищі Mathcad (версії 8 і вище) на персональному комп'ютері.

.

Хід виконання роботи

1. Ознайомитися із темою і метою роботи. Вивчити основні теоретичні положення
2. Отримати індивідуальне завдання і вказівки від викладача.
3. Включить комп'ютер і запустить програму Mathcad вказаним викладачем способом.
4. Розробити алгоритм рішення задачі відповідно до вимог програмного середовища Mathcad.
5. Отримати результати та їх проаналізувати .
6. Представити результати роботи на комп'ютері викладачу
7. Перейти до оформлення звіту

Аналіз результатів

Результати мають бути такими, як наведені нижче:

$$\mathbf{Cae} := \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0.83 \\ 2 & 0.78 \\ 3 & 0.71 \\ 4 & 0.66 \\ 5 & 0.53 \\ 6 & 0.47 \\ 7 & 0.41 \\ 8 & 0.39 \\ 9 & 0.37 \\ 10 & 0.37 \end{pmatrix}$$

$$k_2 := 0.046$$

$$\mathbf{Ca} := \begin{pmatrix} \mathbf{Cae}_{0,1} \\ \mathbf{Cae}_{0,1} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{D}(t, \mathbf{Ca}) := -k_2 \cdot (3 \cdot \mathbf{Ca}^2 + 2 \cdot \mathbf{Ca} - 1)$$

$$\mathbf{C} := \mathbf{rkfixed}(\mathbf{Ca}, 0, 10, 10, \mathbf{D})$$

	0
0	1
1	0.845
2	0.733
3	0.65
4	0.587
5	0.538
6	0.499
7	0.468
8	0.444
9	0.424
10	0.408

$$\mathbf{Cap} := \mathbf{C}^{\langle 1 \rangle}$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$S := \sqrt{\frac{\sum (\mathbf{Cae}^{\langle 1 \rangle} - \mathbf{Cap})^2}{11}} \quad S = 0.046$$

Визначемо константу швидкості прямої реакції:

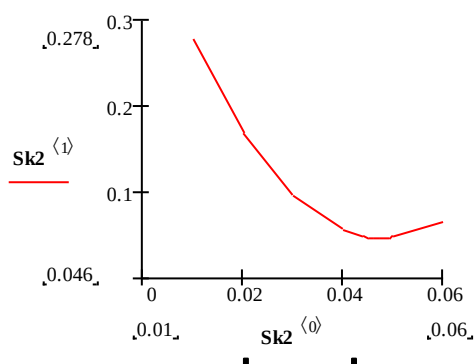
$$k_1 := 4 \cdot k_2$$

$$k_1 = 0.184$$

Визначаємо залежність середньо квадратичного відхилення від значення константи зворотної хімічної реакції ітераційним методом і формуємо матрицю :

k_2	S
0.01	0.278
0.02	0.168
0.03	0.096
0.04	0.054
0.044	0.047
0.045	0.046
0.046	0.046
0.047	0.046
0.048	0.046
0.049	0.046
0.05	0.047
0.06	0.064

Геометрична інтерпретація цієї залежності має вигляд:



Таким чином мінімальне значення середньоквадратичного відхилення спостерігається

При відповідних значеннях констант швидкості прямої реакції 0,046 і зворотної – 0,184.

Контрольні запитання

1. Що називається кінетичною моделлю? Від чого залежить швидкість реакції?
2. Як формулюється задача розрахунку кінетичних параметрів?

3. В чому полягає знаходження кінетичних констант при використанні ЕОМ?
4. Сформулюйте умову закінчення пошуку кінетичних констант.
5. Як складається кінетична модель для різних типів кінетичних реакцій?
6. Охарактеризуйте структурну схему побудови кінетичної моделі.

Додаткова література

1. Бондарь А.Г. Математическое моделирование в химической технологии.-К.: Вища школа, 1973.-280с.
2. . Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Математичне моделювання та застосування електронно-обчислювальних машин в хімічній технології /Уклад. Т.В.Бойко, О.С. Бондаренко, І.О.Потяженко, О.Т. Попович.- К.:Політехника,2001.-64с.

8.6 Практикум № 12. Визначення оптимального часу перебування речовин у хімічному реакторі

Мета роботи: набуття навичок розв'язання оптимізаційних задач для об'єктів хімічної технології, що мають цільову функцію, яка залежить від однієї змінної.

Постановка задачі

Задана задача одновимірної безумовної оптимізації у вигляді критерію оптимальності $R(x) = f(x)$.

Необхідно знайти точки екстремуму (мінімуму або максимуму) критерію оптимальності із використанням числових методів сканування, дихотомії, золотого перетину, та числового методу із використанням чисел Фібоначчі.

Короткі теоретичні відомості

1. Метод сканування

Шукаючи мінімум у відповідності до методу сканування [1, 2, 3, 4], інтервал $[a, b]$, на якому потрібно знайти мінімум $f(x)$, поділяють на n рівних відрізків довжиною $h = \frac{b-a}{n}$. Точками розподілу будуть відповідно: $x_0=a, x_1=x_0+h, x_2=x_0+2h, \dots, x_n=x_0+nh=b$. Послідовно обчислюють значення цільової функції $f(x)$ у цих точках, а найменше значення запам'ятовують. Екстремум можна знайти з точністю до кроку пошуку h . Обчислення продовжують доти, доки не буде розглянуто весь інтервал $[a, b]$.

2. Методи виключення інтервалів

Ці методи дозволяють визначити оптимум функції однієї змінної всередині заданого інтервалу $[A, B]$ шляхом послідовного виключення підінтервалів, тобто шляхом зменшення інтервалу пошуку [1-4].

Досліджувана функція $f(x)$ на розглянутому інтервалі $[A, B]$ має бути унімодальною. Функція $f(x)$ є унімодальною на відрізку $[a, b]$ тільки тоді, коли вона монотонна по обидва боки від єдиної на цьому інтервалі точки оптимуму x^* , тобто коли для точок x_1 та x_2 із цього інтервалу $x^* \leq x_1 \leq x_2$ впливає, що $f(x^*) \leq f(x_1) \leq f(x_2)$ та $x^* \geq x_1 \geq x_2$ впливає, що $f(x^*) \geq f(x_1) \geq f(x_2)$ [1].

Методи виключення інтервалів використовують для аналізу як неперервних, так і розривних функцій, а також тоді, коли змінні набувають значень із дискретної множини. Єдиною вимогою є можливість визначення значень функції $f(x)$ у заданих точках x за допомогою прямих обчислень або імітаційних експериментів.

Ефективність цих методів пов'язана з тим, що це методи спрямованого пошуку.

Метод дихотомії

Метод дихотомії (МД) застосовується для пошуку оптимуму функції однієї змінної $y=F(x)$, що задана на проміжку $[A, B]$.

Алгоритм методу (для пошуку мінімуму) реалізується у вигляді послідовності кроків, на кожному з яких здійснюється звуження інтервалу, що містить точку мінімуму.

1. На початку обчислень покладають $A\{0\}=A, B\{0\}=B$.

2. На s -му кроці визначають величини

$$L\{s\} = (A\{s\} + B\{s\} - \Delta)/2,$$

$$R\{s\} = (A\{s\} + B\{s\} + \Delta)/2,$$

$\Delta > 0$ – достатньо мале число.

Покладають

$$A\{s+1\}=A\{s\}, B\{s+1\} = R\{s\}, \text{ якщо } F(L\{s\}) \leq F(R\{s\}),$$

$$A\{s+1\}=L\{s\}, B\{s+1\}=B\{s\}, \text{ якщо } F(L\{s\}) > F(R\{s\}).$$

3. Ітерації продовжують доти, поки не буде виконуватись нерівність

$$B\{s\}-A\{s\} \leq \varepsilon,$$

де $\varepsilon > 0$ – задане число, яке визначає похибку розв'язку задачі.

4. За наближений розв'язок задачі приймають

$$x^*=(A\{s\}+B\{s\})/2, y^*=F(x^*).$$

Метод золотого перетину

Метод золотого перетину (МЗП) застосовується для пошуку оптимуму унімодальної функції однієї змінної $y=F(x)$, що задана на проміжку $[A,B]$. Алгоритм методу (для пошуку мінімуму) реалізується у вигляді послідовності кроків, на кожному з яких здійснюється звуження інтервалу, що містить точку мінімуму

1. На початку обчислень покладають $A\{0\}=A, B\{0\}=B$.

2. На s -му кроці визначають величини

$$L\{s\} = B\{s\} - G(B\{s\} - A\{s\}),$$

$$R\{s\} = A\{s\} + G(B\{s\} - A\{s\}),$$

де стала $G = ((5)^{1/2} - 1)/2 = 0.618$.

Покладають:

$$A\{s+1\} = A\{s\}, B\{s+1\} = R\{s\}, \text{ якщо } F(L\{s\}) \leq F(R\{s\}),$$

$$A\{s+1\} = L\{s\}, B\{s+1\} = B\{s\}, \text{ якщо } F(L\{s\}) > F(R\{s\}).$$

3. Ітерації продовжують доти, поки не буде виконуватись нерівність

$$B\{s\} - A\{s\} \leq \varepsilon,$$

де $\varepsilon > 0$ – задане число, яке визначає похибку розв'язку задачі.

На кожному кроці *МЗП*, починаючи з 1-го, обчислюється лише одне значення функції $F(x)$, тому що одна з точок золотого перетину на попередньому кроці здійснює золотий перетин проміжку на наступному кроці.

4. За наближений розв'язок задачі приймають

$$x^* = (A\{s\} + B\{s\})/2, y^* = F(x^*).$$

Завдання до роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал щодо методів сканування, дихотомії, золотого перетину. Опанувати алгоритми вказаних методів.
2. Проаналізувати індивідуальне завдання. Визначити аргумент, функцію. У випадку необхідності, сформулювати цільову функцію. Визначити: мінімум чи максимум слід знайти за фізичним змістом завдання.
3. Сформулювати на основі завдання задачу оптимізації у математичних позначеннях та в позначеннях програми Excel (або іншої програми за вказівкою викладача).
4. Виконати пошук оптимуму заданими методами із інженерною точністю ($\varepsilon = 1\%$). Врахувати, що у варіантах 1-25 можливий час

перебування – від 0 до 36000 с.

5. Побудувати графік цільової функції та співвіднести координати точки оптимуму із значеннями, знайденими числовими методами.

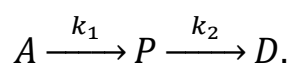
6. Зробити висновки щодо ефективності кожного методу рішення.

Примітка: стандартні засоби оптимізації програмного середовища (наприклад, функції Maximize, Minimize у MathCAD) припускається використовувати тільки для перевірки знайдених значень оптимумів.

Приклад виконання роботи у програмі Excel

Вирішення задачі оптимізації

Нехай необхідно визначити максимальний вихід цільового компонента, що утворюється за схемою хімічної реакції в апараті. У ізотермічному реакторі ідеального перемішування перебігає хімічний процес [4] за схемою



Цільовим компонентом є речовина P . Визначити максимальну концентрацію речовини P , що може бути досягнута, та відповідний оптимальний час перебування реакційної суміші в апараті, якщо критерій оптимізації (за умови $C_{P0} = C_{D0} = 0$)

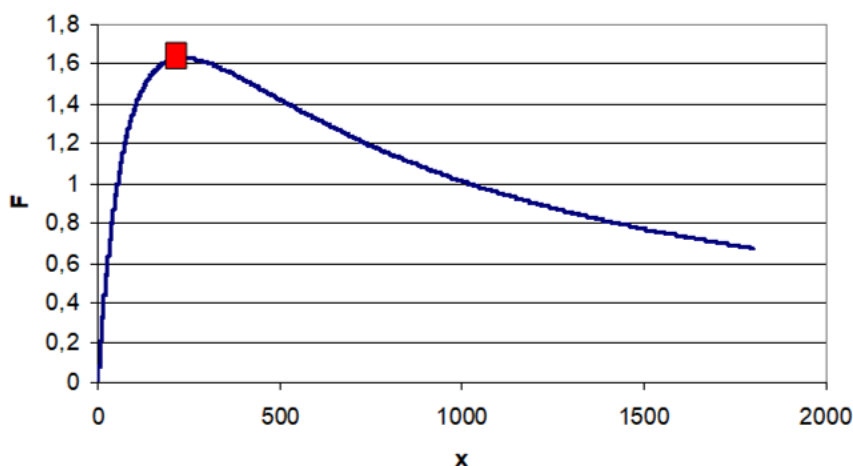
$$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{(1 + k_1 \tau)(1 + k_2 \tau)},$$

де C_P - поточна концентрація речовини P , кмоль/м³; C_{A0} , C_{P0} , C_{D0} - початкова концентрація сировини компонентів A , P , D ; k_1 , k_2 - константи хімічних реакцій, с⁻¹; τ - час перебування в апараті, с⁻¹.

Задано значення $C_{A0} = 5,0$ кмоль/м³; $C_{P0} = C_{D0} = 0$; $k_1 = 5,7 \cdot 10^{-3}$ с⁻¹; $k_2 = 3,21 \cdot 10^{-3}$ с⁻¹. Можливий час перебування – від 0 до 3600 с.

Приблизне значення точності за аргументом $\varepsilon = \frac{3600-0}{2} \cdot 0,01 = 18 \approx 20$.

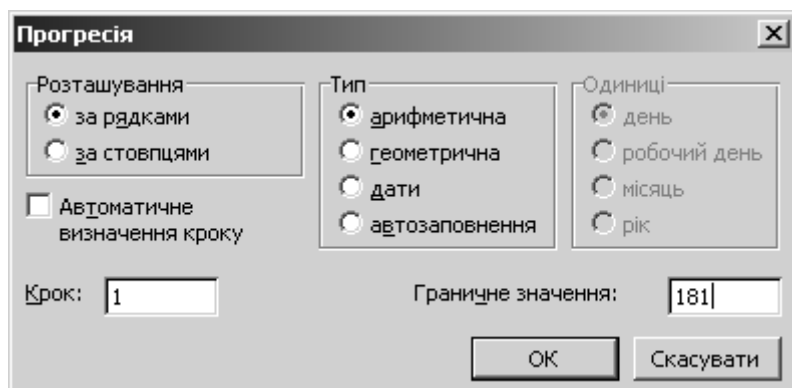
Графік цільової функції:



Метод сканування

1. Точність обчислень у методі дорівнює величині кроку $\varepsilon = h$. Кількість потрібних відрізків $n = \frac{b-a}{h} = \frac{3600-0}{20} = 180$. Отже, кількість точок розбиття $n + 1 = 181$.

2. Побудуємо стовбчик порядкових номерів, записавши у комірку A2 перше значення (одиницю), і викликавши вікно **Прогресія** (Правка>Заповнити>Прогресія...).



3. Побудуємо стовбчик значень аргумента, записавши у комірку B2 перше значення (нуль), і у вікні **Прогресія** задавши крок 20 та граничне значення 3600.

4. У діапазоні I1:K2 запишемо константи.

5. Занесемо формулу « $=(\$I\$2*B2*\$J\$2)/((1+\$J\$2*B2)*(1+\$K\$2*B2))$ » у комірку C2 та здійснимо автозаповнення.

6. Знайдемо точку максимуму, відсортувавши таблицю значень за спаданням стовпця цільової функції. Максимальне значення цільової функції $f=1,634$ досягається при значенні аргументу $x=240$.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	N	x	f		Відсортована таблиця				Co=	k1=	k2=
2	1	0	0		N	x	f		5	0,0057	0,0032
3	2	20	0,480893		13	240	1,633775				
4	3	40	0,822995		12	220	1,632466				
5	4	60	1,068974		14	260	1,629637				
6	5	80	1,246763		11	200	1,624117				
7	6	100	1,375217		15	280	1,621287				
8	7	120	1,467398		16	300	1,609684				
9	8	140	1,53255		10	180	1,606652				
10	9	160	1,577339		17	320	1,595584				
174	173	3440	0,396184		173	3440	0,396184				
175	174	3460	0,394194		174	3460	0,394194				
176	175	3480	0,392224		175	3480	0,392224				
177	176	3500	0,390273		176	3500	0,390273				
178	177	3520	0,388342		177	3520	0,388342				
179	178	3540	0,38643		178	3540	0,38643				
180	179	3560	0,384536		179	3560	0,384536				
181	180	3580	0,382661		180	3580	0,382661				
182	181	3600	0,380803		181	3600	0,380803				
183					1	0	0				

Метод дихотомії

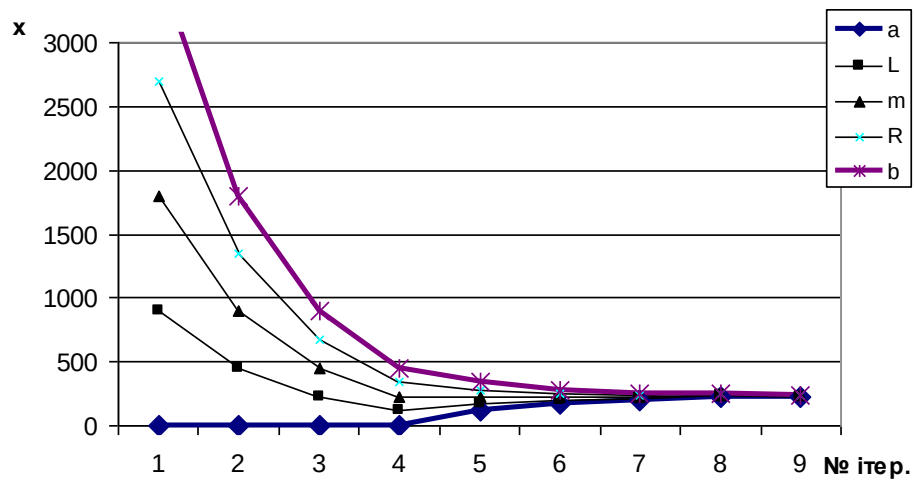
Створюємо наведену нижче таблицю, послідовно заносючи у комірки стовпців C та G значення границь відрізка.

[illegible]

У режимі представлення формул:

E5		f = (\$N\$3*E4*\$O\$3)/((1+\$O\$3*E4)*(1+\$P\$3*E4))									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Итерация										
2		min		mean		max					
3								MAX	eps=		
4	1	x	0	=(E4+C4)/2	=(G4+C4)/2	=(G4+E4)/2	3600			=G4-C4	
5			f	=((\$N\$3*C4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*D4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*E4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*F4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*G4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*H4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*I4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*J4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*K4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*L4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*M4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*N4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*O4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*P4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*Q4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*R4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*S4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*T4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*U4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*V4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*W4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*X4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*Y4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*Z4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*AZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*BZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*CZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*DY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*ED4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*ER4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*ES4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*ET4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*EZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*FX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3*GL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>HZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ID4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>IZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>JZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>KZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>LZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ME4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ML4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>MZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ND4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>NZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ON4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>OZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>PZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>QZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>RZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ST4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>SZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>TZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>US4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>UZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>VZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>WZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>XZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>YZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ZZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>AZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>BZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>CZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>DZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ED4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EF4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ER4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ES4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>ET4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>EZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FG4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FH4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FI4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FJ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FK4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FL4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FM4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FN4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FO4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FP4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FQ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FR4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FS4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FT4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FU4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FV4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FW4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FX4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FY4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>FZ4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GA4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GB4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GC4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GD4*\$O\$3)/((1+\$N\$3>GE4*\$O\$3)/((1+\$N\$3							

Наближення алгоритму методу дихотомії до оптимуму можна зобразити графічно:



Метод золотого перетину

Створюємо наведену нижче таблицю, послідовно заносючи у комірки стовпців C та F значення границь відрізка.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Ітерація										Кільк. обчисл				
2			min	L	R	max							Co=	k1=	k2=
3								MAX	eps=				5	0,0057	0,0032
4	1	x	0	1375	2225	3600			3600						
5		f	0,0000	0,8211	0,5708	0,3808		0,821070			2		D=		
6	2	x	0	850	1375	2225			2224,8				0,618		
7		f	0,0000	1,1142	0,8212	0,5708		1,114224			1				
8	3	x	0	525	850	1375			1375						
9		f	0,0000	1,3981	1,1143	0,8212		1,398127			1				
10	4	x	0	325	525	850			850						
11		f	0,0000	1,5920	1,3981	1,1141		1,591975			1				
12	5	x	0	201	324	525			525						
13		f	0,0000	1,6245	1,5922	1,3984		1,624457			1				
14	6	x	0	124	200	324			324						
15		f	0,0000	1,4815	1,6243	1,5925		1,624261			1				
16	7	x	124	200	248	324			200						
17		f	1,4823	1,6244	1,6328	1,5925		1,632770			1				
18	8	x	200	247	277	324			124						
19		f	1,6241	1,6328	1,6229	1,5925		1,632812			1				
20	9	x	200	229	248	277			77						
21		f	1,6241	1,6339	1,6328	1,6228		1,633852			1				
22	10	x	200	218	230	248			48						
23		f	1,6241	1,6321	1,6339	1,6327		1,633869			1				
24	11	x	218	229	237	248			30						
25		f	1,6320	1,6339	1,6340	1,6327		1,633977			1				
26	12	x	229	236	241	248			19						
27		f	1,63382	1,63399	1,63371	1,63270		1,633986			1				
28															
29			Занести вручну					Всього обчислень функції:	13						

У режимі представлення формул:

D5		f = (\$M\$3*D4*\$N\$3)/((1+\$N\$3*D4)*(1+\$O\$3*D4))							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Итерация							
2			min	L	R	max			
3								MAX	eps=
4	1	x	0	=F4-\$N\$6*(F4-C4)	=C4+\$N\$6*(F4-C4)	3600			=F4-C4
5		f	=((\$M\$3*C4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*D4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*E4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*F4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*G4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*H4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*I4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*J4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*K4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*L4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*M4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*N4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*O4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*P4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*Q4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*R4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*S4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*T4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*U4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*V4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*W4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*X4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*Y4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*Z4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ED4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ER4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ES4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ET4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*EZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*FZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*GZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*HZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ID4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*IZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*JZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*KZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*LZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ME4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ML4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*MZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ND4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*NZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ON4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*OZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*PZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*QZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*RZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ST4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*SZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*TZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*US4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*UZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*VZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*WZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*XZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*YZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*ZZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*AZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*BZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CD4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CU4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CV4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CW4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CX4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CY4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*CZ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DA4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DB4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DC4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DE4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DF4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DG4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DH4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DI4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DJ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DK4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DL4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DM4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DN4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DO4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DP4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DQ4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DR4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DS4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DT4*\$N\$3)/((1-(\$M\$3*DU						

Вихідні дані до розрахунку⁵

⁵ Завдання варіантів 1-25 розроблено доц. Бойко Т.В.

Варіант	Тип апарата	Реакція	Функція, яка оптимізується (концентрація цільового компонента), та інтервал τ , с	Вихідні дані
1	Ізотермічний РІВ	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$	$C_p = \frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1} [\exp(-k_1 \tau) - \exp(-k_2 \tau)], \tau \in [0; 36000]$	$C_{A0} = 0,25 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_2 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
2	Ізотермічний РІП	$A \xrightleftharpoons[k_3]{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$ Q	$C_p = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{(1 + k_2 \tau)[1 + (k_1 + k_3) \tau]}, \tau \in [900; 21600]$	$C_{A0} = 0,10 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{P0} = C_{D0} = C_{Q0} = 0$; $k_1 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
3	Ізотермічний РІП	$A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$	$C_p = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{(1 + k_1 \tau)(1 + k_2 \tau)}, \tau \in [0; 30000]$	$C_{A0} = 5,1 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_2 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
4	Ізотермічний РІП	$A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} P \xrightarrow{k_3} D$	$C_p = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{1 + (k_1 + k_2 + k_3) \tau + k_1 k_2 \tau^2}, \tau \in [0; 28800]$	$C_{A0} = 0,08 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_2 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_3 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$

Варіант	Тип апарата	Реакція	Функція, яка оптимізується (концентрація цільового компонента), та інтервал τ , с	Вихідні дані
5	Ізотермічний РІВ	$ \begin{array}{c} A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_3} D \\ \quad \searrow k_2 \quad \nearrow Q \end{array} $	$ C_P = \frac{k_1 C_{A0}}{k_3 - k_1 - k_2} \{ \exp[(-k_1 + k_2)\tau] - \exp(-k_3\tau) \} $	$ \begin{array}{l} C_{A0} = 0,24 \text{ кмоль/м}^3; \\ C_{P0} = C_{D0} = C_{Q0} = 0; \\ k_1 = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; \\ k_3 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1} \end{array} $
6	Ізотермічний РІП	$ A \xrightleftharpoons[k_3]{k_1} P \xrightarrow{k_2} S $	$ C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0} + (1 + k_1 \tau) C_{P0}}{1 + (k_1 + k_2 + k_3) \cdot \tau + k_1 k_2 \tau^2}, $	$ \begin{array}{l} C_{A0} = 1,5 \text{ кмоль/м}^3; \\ C_{P0} = 0,2 \text{ кмоль/м}^3; C_{S0} = 0; \\ k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; \\ k_3 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1} \end{array} $
7	Ізотермічний РІП	$ \begin{array}{c} P \xrightarrow{k_2} S \\ A \xrightarrow{k_1} P \quad \searrow k_3 \quad \nearrow Q \end{array} $	$ C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0} + [1 + \tau(k_1 + k_3)] C_{P0}}{[1 + (k_1 + k_3) \tau](1 + k_2 \tau)}, $	$ \begin{array}{l} C_{A0} = 2,0 \text{ кмоль/м}^3; \\ C_{P0} = 0,5 \text{ кмоль/м}^3; \\ k_1 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 2,1 \text{ с}^{-1}; \\ k_3 = 1,2 \text{ с}^{-1}; C_{S0} = C_{Q0} = 0 \end{array} $
8	Ізотермічний РІВ	$ A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D $	$ C_P = \frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1} [\exp(-k_1 \tau) - \exp(-k_2 \tau)]; $	$ \begin{array}{l} C_{A0} = 0,5 \text{ кмоль/м}^3; \\ C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; \\ k_2 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1} \end{array} $

Варіант	Тип апарата	Реакція	Функція, яка оптимізується (концентрація цільового компонента), та інтервал τ , с	Вихідні дані
9	Ізотермічний РП	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$ $\quad \quad \quad \swarrow \quad \quad \quad \searrow$ $\quad \quad \quad k_3 \quad \quad \quad Q$	$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{(1 + k_2 \tau)[1 + (k_1 + k_3) \tau]},$	$C_{A0} = 0,096 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = C_{Q0} = 0;$ $k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
10	Ізотермічний РП	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$	$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{(1 + k_1 \tau)(1 + k_2 \tau)},$	$C_{A0} = 4,8 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 5,3 \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
11	Ізотермічний РП	$A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} P \xrightarrow{k_3} D$	$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{1 + (k_1 + k_2 + k_3) \tau + k_1 \cdot k_2 \cdot \tau^2},$	$C_{A0} = 0,09 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_3 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
12	Ізотермічний РІВ	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$ $\quad \quad \quad \swarrow \quad \quad \quad \searrow$ $\quad \quad \quad k_2 \quad \quad \quad Q$	$C_P = \frac{k_1 C_{A0}}{k_3 - k_1 - k_2} \{ \exp[(-k_1 + k_2) \tau] - \exp[(-k_1 - k_2) \tau] \}$	$C_{A0} = 0,48 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = C_{Q0} = 0;$ $k_1 = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$

Варіант	Тип апарата	Реакція	Функція, яка оптимізується (концентрація цільового компонента), та інтервал τ , с	Вихідні дані
13	Ізотермічний РП	$A \xrightleftharpoons[k_3]{k_1} P \xrightarrow{k_2} S$	$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0} + (1 + k_1 \tau) C_{P0}}{1 + (k_1 + k_2 + k_3) \tau + k_1 k_2 \tau^2},$	$C_{A0} = 1,2 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = 0,28 \text{ кмоль/м}^3; C_{S0} = 0;$ $k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
14	Ізотермічний РП	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} S$ $A \xrightarrow{k_3} Q$	$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0} + [1 + \tau \cdot (k_1 + k_3)] C_{P0}}{[1 + (k_1 + k_3) \tau](1 + k_2 \tau)},$	$C_{A0} = 2,3 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = 0,8 \text{ кмоль/м}^3;$ $k_1 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 2,1 \text{ с}^{-1};$ $k_3 = 1,2 \text{ с}^{-1}; C_{S0} = C_{Q0} = 0$
15	РІВ із рециклом	$A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$	$C_R = C_{A0} k_1 \left[\frac{\exp(-k_1 \tau)}{k_2 - k_1} + \frac{\exp(-k_2 \tau)}{k_1 - k_2} \right],$	$C_{A0} = 0,25 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{R0} = C_{S0} = 0; k_1 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
16	Ізотермічний РП	$A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} P \xrightarrow{k_3} D$	$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{1 + (k_1 + k_2 + k_3) \tau + k_1 k_2 \tau^2},$	$C_{A0} = 0,12 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
17	Ізотермічний РП	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$	$C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{(1 + k_1 \tau)(1 + k_2 \tau)},$	$C_{A0} = 6,1 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$

Варіант	Тип апарата	Реакція	Функція, яка оптимізується (концентрація цільового компонента), та інтервал τ , с	Вихідні дані
18	Ізотермічний РПП	$A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$	$C_p = \frac{k_1 \tau C_{A0}}{1 + (k_1 + k_2 + k_3) \tau + k_1 k_2 \tau^2},$ $\tau \in [0; 25200]$	$C_{A0} = 0,12 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_3 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
19	Ізотермічний РПП	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} S$ $A \xrightarrow{k_3} Q$	$C_p = \frac{k_1 \tau C_{A0} + [1 + \tau(k_1 + k_3)] C_{P0}}{[1 + (k_1 + k_3) \tau](1 + k_2 \tau)},$ $\tau \in [0; 25200]$	$C_{A0} = 2,5 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = 0,35 \text{ кмоль/м}^3;$ $k_1 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; k_2 = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_3 = 1,2 \text{ с}^{-1}; C_{S0} = C_{Q0} = 0$
20	РІВ із рециклом	$A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S$	$C_p = C_{A0} k_1 \left[\frac{\exp(-k_1 \tau)}{k_2 - k_1} + \frac{\exp(-k_2 \tau)}{k_1 - k_2} \right],$ $\tau \in [1800; 28800]$	$C_{A0} = 0,47 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{R0} = C_{S0} = 0; k_1 = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
21	Ізотермічний РІВ	$A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D$	$C_p = \frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1} [\exp(-k_1 \tau) - \exp(-k_2 \tau)],$ $\tau \in [900; 36000]$	$C_{A0} = 4,2 \text{ кмоль/м}^3;$ $C_{P0} = C_{D0} = 0; k_1 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1};$ $k_2 = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$

Варіант	Тип апарата	Реакція	Функція, яка оптимізується (концентрація цільового компонента), та інтервал τ , с	Вихідні дані
22	Ізотермічний РІВ	$ \begin{array}{c} A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} D \\ \quad \quad \quad \searrow \quad \nearrow \\ \quad \quad \quad Q \end{array} $	$ C_P = \frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1 - k_3} \{ \exp[(-k_1 + k_2)\tau] - \exp(-k_3\tau) \} $	$C_{A0} = 0,36 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{P0} = C_{D0} = C_{Q0} = 0$; $k_1 = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
23	Ізотермічний РІП	$ \begin{array}{c} A \xrightleftharpoons[k_3]{k_1} P \xrightarrow{k_2} S \\ \quad \quad \quad \searrow \quad \nearrow \\ \quad \quad \quad Q \end{array} $	$ C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0} + (1 + k_1 \tau) C_{P0}}{1 + (k_1 + k_2 + k_3) \cdot \tau + k_1 k_2 \tau^2}, $	$C_{A0} = 2,5 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{P0} = 0,8 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{S0} = 0$; $k_1 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_2 = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$
24	Ізотермічний РІП	$ \begin{array}{c} P \xrightarrow{k_1} A \xrightarrow{k_2} Q \\ \quad \quad \quad \searrow \quad \nearrow \\ \quad \quad \quad S \end{array} $	$ C_P = \frac{k_1 \tau C_{A0} + [1 + \tau(k_1 + k_3)] C_{P0}}{[1 + (k_1 + k_3) \cdot \tau](1 + k_2 \tau)}, $	$C_{A0} = 1,8 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{P0} = 0,3 \text{ кмоль/м}^3$; $k_1 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_3 = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $C_{S0} = C_{Q0} = 0$
25	РІВ із рециклом	$ A \xrightarrow{k_1} R \xrightarrow{k_2} S $	$ C_R = C_{A0} k_1 \left[\frac{\exp(-k_1 \tau)}{k_2 - k_1} + \frac{\exp(-k_2 \tau)}{k_1 - k_2} \right], $	$C_{A0} = 0,80 \text{ кмоль/м}^3$; $C_{R0} = C_{S0} = 0$; $k_1 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $k_2 = 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$

Оформлення звіту

Звіт повинен містити:

1. Короткі теоретичні відомості (призначення, математична постановка, методи рішення задачі).
2. Задача оптимізації у математичних позначеннях та позначеннях програми Excel.
3. Докладне ілюстроване пояснення ходу рішення задачі (відповідно до варіанта) в Excel.
4. Графік цільової функції із відміченою оптимальною точкою.
5. Графіки, що ілюструють звуження інтервалу пошуку оптимуму у методах дихотомії, золотого перетину. На вказані графіки по осі абсцис нанести номер ітерації, по осі ординат – значення параметру оптимізації x : границі інтервалу на кожній з ітерацій, а також точки, якими було розбито відрізок на кожній з ітерацій.
6. Таблицю порівняння результатів оптимізації (назва методу, координати оптимальної точки, кількість обчислень цільової функції для досягнення оптимуму) та аналіз результатів і рекомендації щодо доцільності застосування кожного з методів.

Додаткова література:

1. Безградієнтні методи детермінованого одновимірного пошуку екстремуму: Метод. вк. для вик. лабор. роб. з курсу «Методи оптимізації хіміко-технологічних процесів». ч. 1. / Уклад. С.В. Брановицька, Т.В. Бойко. – К.: «Політехніка», 2002. – 32 с.
2. Методи оптимізації та дослідження операцій [Текст] : навчальний посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щехорський, Б.Л. Якимчук. –

Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. – 148 с. URL: http://eprints.zu.edu.ua/33082/1/МОДО_пос.pdf

3. Лабораторный практикум по курсу «Компьютерные технологии»: Учебн. пособие / ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., БАБАК Т.Г. и др. – Харьков: НТУ «КПИ», 2002. – 364 с

8.7 Практикум № 13. Вивчення процедур нелінійної багатовимірної оптимізації

Мета роботи: дослідити процедур багатовимірної оптимізації на прикладі проектування мережі трубопроводів на хімічному підприємстві.

Постановка задачі

Системи для транспортування рідких середовищ (вихідних речовин, продуктів реакції, хладагентів) включають велику кількість трубопроводів, поєднаних паралельно чи послідовно. На сучасному хімічному підприємстві загальна довжина технологічних трубопроводів сягає сотень тисяч метрів. Їх вартість, включаючи вартість арматури, теплоізоляції, витрати на придбання та монтаж, складає 20-25% загальної вартості всього обладнання.

За допомогою трубопроводів можуть транспортуватися рідини, пари та газу, пластичні та сипкі матеріали у широкому інтервалі температури та тиску. Трубопроводи прийнято поділяти на технологічні (для транспортування вихідних речовин та продуктів реакції), теплові і газові мережі та лінії водопостачання і каналізації. Також трубопроводи поділяють на категорії в залежності від параметрів середовища, що транспортується (тиск, температура, здатність до спалахування, токсичність, тощо).

Проектування трубопровідних мереж має на меті насамперед визначення топології мереж, потужності насосного обладнання, оптимальної довжини і діаметрів трубопроводів. Раціональне проектування трубопровідного господарства підприємства суттєво знижує витрати на експлуатацію підприємства в цілому.

Розрахунок потужності насосу по транспортуванню стічних вод

Основними задачами при розрахунку насосів є визначення напору, що має створюватись насосом, а також визначення потужності приводу при заданій витраті середовища, що перекачується. Насоси обираються з каталогів або стандартів із урахуванням вказаних характеристик.

Об'єкт дослідження – фрагмент трубопровідної мережі по транспортуванню стічних вод (рис. 1). Фрагмент трубопровідної мережі, що вивчається, складається з насосу з приводом, вхідного (всмоктувального) та вихідного трубопроводів, контрольно-вимірювальних приладів. Діаметр вихідного трубопроводу – 0,3 м, тиск у трубопроводі $P_d=130$ кПа. Діаметр вхідного трубопроводу – 0,35 м, тиск у трубопроводі $P_s=15$ кПа. Датчики манометрів розташовані в центрі вхідного та вихідного трубопроводів. Центр всмоктувального трубопроводу розташований на 0,5 м нижче за відповідний датчик на вихідному трубопроводі. Загальна висота напору стічної води складає $H_p=15$ м. Приймаючи коефіцієнт корисної дії насосу $\text{eff}_p=82\%$, коефіцієнт корисної дії приводу насосу $\text{eff}_m=91\%$, визначити потрібну продуктивність насосу Q та енергію, що споживає привод насосу P_i . Рівняння Бернуллі запишемо у вигляді:

$$\frac{P_s}{\gamma} + z_s + \frac{V_s^2}{2 \cdot g} + H_p = \frac{P_d}{\gamma} + z_d + \frac{V_d^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

Тиск у трубопроводах:

$$P_s := 15 \cdot \text{kPa}$$

$$P_d := 130 \cdot \text{kPa}$$

Розташування трубопроводів: $z_d := 0 \cdot \text{м}$ $z_s := -0.5 \cdot \text{м}$

Напор насоса (висота напору) $H_p := 15 \cdot \text{м}$

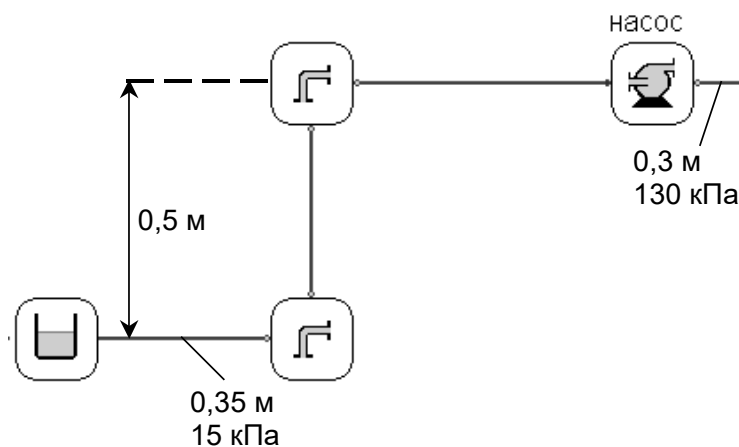


Рисунок 1 – Фрагмент трубопроводної мережі

Значення ефективності: $\text{eff}_p := 82\%$ $\text{eff}_m := 91\%$

$$\gamma := 9.810 \cdot \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$A_s := \frac{(350 \cdot \text{мм})^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A_d := \frac{(300 \cdot \text{мм})^2 \cdot \pi}{4}$$

$$V_s = \frac{Q}{A_s}$$

$$V_d = \frac{Q}{A_d}$$

Рівняння Бернуллі набуває вигляду:

$$\frac{P_s}{\gamma} + z_s + \frac{\left(\frac{Q}{A_s}\right)^2}{2 \cdot g} + H_p = \frac{P_d}{\gamma} + z_d + \frac{\left(\frac{Q}{A_d}\right)^2}{2 \cdot g}$$

$$\left[\frac{1}{2 \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot (A_s^2 \cdot g)} \right] - \left[\frac{1}{2 \cdot (A_d^2 \cdot g)} \right]} \right] \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{-A_d^2 + A_s^2} \cdot \frac{\sqrt{P_s + z_s \cdot \gamma + H_p \cdot \gamma - P_d - z_d \cdot \gamma}}{[A_s \cdot [\sqrt{g} \cdot (A_d \cdot \sqrt{\gamma})]]} - \frac{-1}{2 \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot (A_s^2 \cdot g)} \right] - \left[\frac{1}{2 \cdot (A_d^2 \cdot g)} \right]} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{-A_d^2 + A_s^2} \cdot \frac{\sqrt{P_s + z_s \cdot \gamma + H_p \cdot \gamma - P_d - z_d \cdot \gamma}}{[A_s \cdot [\sqrt{g} \cdot (A_d \cdot \sqrt{\gamma})]]} = \left(\frac{-0.769}{0.769} \right) \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$Q := \frac{-1}{\left[2 \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot (A_s^2 \cdot g)} \right] - \left[\frac{1}{2 \cdot (A_d^2 \cdot g)} \right] \right]} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{-A_d^2 + A_s^2} \cdot \frac{\sqrt{P_s + z_s \cdot \gamma + H_p \cdot \gamma - P_d - z_d \cdot \gamma}}{[A_s \cdot [\sqrt{g} \cdot (A_d \cdot \sqrt{\gamma})]]}$$

Обираємо значення, що має фізичний зміст: $Q = 0.769 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$. Потужність приводу:

$$P_i := \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_p}{\text{eff}_p \cdot \text{eff}_m}$$

$P_i = 151.648$
кВт
 $P_i = 203.363$
к.с.

Вибір оптимального діаметру трубопровода

Об'єкт дослідження – фрагмент трубопровідної мережі. При заданій продуктивності Q ($\text{м}^3/\text{с}$) внутрішній діаметр трубопровода d (м) може бути розрахований на основі рівняння витрати:

$$Q = W \cdot S = W \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

З рівняння (2) витікає, що

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi W}} \quad (3)$$

Отже, діаметр трубопровода однозначно визначається середньою швидкістю потоку W (м/с). Чим вище швидкість W , тим менше діаметр d , а отже – менше витрати на виготовлення, монтаж та ремонт трубопровода. Однак при зростанні значення середньої швидкості потоку збільшуються втрати напору в трубопровідній мережі, тобто зростає потрібний для перміщення рідини перепад тиску і, отже, зростають витрати на перекачку рідини. Тому для розрахунку оптимального діаметру трубопровода необхідний техніко-економічний аналіз, що враховує суперечливий вплив

різних факторів. При оптимальному діаметрі забезпечуються мінімальні витрати на експлуатацію трубопроводу.

Отже, у якості критерію оптимальності при розрахунку оптимального діаметра трубопровода можна застосовувати техніко-економічний критерій – сумарні річні експлуатаційні витрати. Величина експлуатаційних витрат складається із витрат K (грн/рік) на вартість труб, амортизацію і ремонт, і вартості E (грн/рік) енергії, необхідної для переміщення потоку рідини по трубопроводу.

$$R(d) = \min_d [K(d) + E(d)] \quad (4)$$

Річна вартість експлуатації трубопровода у (4) визначається як

$$K(d) = (1 + F_A + F_R) \cdot C_I L, \quad (5)$$

де C_I – вартість погонного метра нової труби (грн), що може бути визначена за емпіричним рівнянням (6); F_A, F_R – відповідно частки вартості трубопроводної арматури і ремонту від вартості нової труби (прийнятої за одиницю); L – довжина трубопровода (м).

$$C_I = a \cdot d^n, \quad (6)$$

де a, n – емпіричні коефіцієнти. Для $d < 0,1$ м рекомендовано $n = 1,0$; для $d \geq 0,1$ м – значення $n = 1,5$. Рекомендовані значення коефіцієнта a наведено у табл. 1

Вартість перекачки продукту по трубопроводу може бути визначена за рівнянням (7).

$$E(d) = P_i T_P C_E + B_I, \quad (7)$$

де P_i – потужність насоса, кВт; T_P – сумарна річна кількість годин роботи трубопровода, год; C_E – вартість кіловат-години електроенергії на

промислові потреби, грн/кВт·год; C_I – деяка стала, що враховує амортизаційні витрати від вартості насосу і не залежить від діаметру трубопроводу.

$$P_i = \frac{\rho g Q H_p}{1000 \cdot eff}, \quad (8)$$

де ρ – густина рідини, що перекачується, кг/м³; g – прискорення вільного падіння; Q – об’ємна продуктивність насоса, м³/с; H_p – повний напор насоса, м; eff – загальний коефіцієнт корисної дії насосної установки:

Таблиця 1 – Значення коефіцієнта a для деяких матеріалів

№ п/п	Матеріал труб	a
1	Вуглецева сталь, $d < 0,1$ м	24,8
2	Вуглецева сталь, $d \geq 0,1$ м	59,2
3	Легована сталь, $d < 0,1$ м	74,4
4	Легована сталь, $d \geq 0,1$ м	177,6

$$eff = eff_m \cdot eff_p = eff_{\Pi} \cdot eff_D \cdot eff_p, \quad (9)$$

де eff_{Π}, eff_D – відповідно ККД передачі та електродвигуна.

При перекачуванні рідини по горизонтальному трубопроводу напор насоса витрачається на подолання гідравлічного опору трубопровідної мережі:

$$H_p = \frac{w^2}{2 \cdot g} \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi_{MO} \right), \quad (10)$$

де $\sum \xi_{MO}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів; λ – коефіцієнт тертя.

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 64/Re \text{ } Re < \\ 1/\sqrt{\lambda} = 2 \lg \left[\frac{\varepsilon}{3.7} + \left(\frac{6.81}{Re} \right)^{0.9} \right] \text{ } Re \geq \end{array} \right\} \quad (11)$$

де $\varepsilon = e/d_3$ – відносна шорсткість внутрішньої поверхні трубопровода; e – абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні трубопровода, (наприклад, $d_3=0,1$ м), для нових сталевих труб $e=0,0002$ м; $Re = Wd\rho/\mu$ – критерій Рейнольдса; μ – в'язкість перекачуваної рідини, кг/(м с).

Таким чином, вихідними даними для розрахунку оптимального діаметра трубопровода є наступні величини: об'ємна витрата, густина та в'язкість речовини, що перекачується; коефіцієнт корисної дії насосної установки; F_A, F_R – відповідно частки вартості трубопроводної арматури і ремонту від вартості нової труби з рівняння (5); довжина трубопровода; сума коефіцієнтів місцевого опору; тип матеріалу (для навчального прикладу взято два матеріали – вуглецеву та леговану сталь); річний час роботи трубопровода; вартість електроенергії.

Завдання до дослідження

1. Ознайомитися із алгоритмом розрахунку продуктивності та потужності насосу. У відповідності із завданням свого варіанту розрахувати продуктивність насосу і потужність приводу насосу для фрагменту трубопроводної мережі.
2. Вивчити алгоритм оптимального розрахунку діаметру трубопровода.
3. Із врахуванням залежностей (5)-(11) записати техніко-економічний критерій (4) у явному вигляді.
4. Використовуючи одну з об'єктно-орієнтованих мов програмування, створити обчислювальний модуль для автоматизованого розрахунку оптимального діаметра трубопроводної мережі за техніко-економічним

критерієм (4). Використати будь-який з методів оптимізації цільової функції з однією змінною. У якості тестових взяти дані з табл. 2.

5. Доповнити створену програму розрахунку оптимального діаметру трубопроводу процедурою вибору найближчого (більшого) стандартного діаметра. Фрагмент нормального ряду діаметрів, м: 0,015, 0,02, 0,025, 0,032, 0,04, 0,05, 0,065, 0,08, 0,1, 0,125, 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,35.

6. Здійснити розрахунок оптимального діаметра трубопроводу для трубопровідної мережі заданої довжини та конфігурації, призначеної для перекачки відомої рідини (за даними згідно із завданням свого варіанту) та запропонувати діаметр стандартного трубопроводу.

Таблиця 2 – Приклад даних для розрахунку трубопровідної мережі

Параметр	Значення
Об'ємна витрата речовини, м ³ /с	100
Густина речовини, кг/м ³	1000
В'язкість речовини, кг/(м с)	0,001
ККД насосної установки	0,7
Частка вартості арматури від вартості нової труби	2
Частка вартості ремонту від вартості нової труби	0,2
Довжина трубопроводу, м	100
Сума коефіцієнтів місцевого опору	0,01
Матеріал труб	вуглец. ст.
Річний час роботи трубопроводу, год	8400
Вартість кіловат-години електроенергії, грн/(кВт год)	0,01

7. Оцінити показники системопридатності створеного модуля, заповнивши відповідну таблицю

Контрольні питання для допуску і захисту роботи

1. Сформулювати мету проектування мережі трубопроводів на промисловому підприємстві.
2. Які фактори впливають на гідравлічний опір трубопровідної мережі? Що таке арматура? Яка арматура використовується на трубопроводах хімічних підприємств? Яких значень набуває абсолютна шорсткість поверхні трубопровода для чавунних труб, алюмінієвих труб, бетонних труб?
3. З якою метою розраховують оптимальний діаметр трубопровода? Пояснити фізичний зміст критерію оптимізації. Які фактори впливають на капітальні і експлуатаційні витрати на трубопровідне господарство підприємства?
4. Як впливають на безпечність та ефективність мережі трубопроводів фактори енерго-та ресурсосбереження, промислової безпеки та виробничої санітарії? Наведіть приклади цих факторів і запропонуйте способи їх врахування при проектуванні мережі трубопроводів.
5. Які класи задач оптимізації ви знаєте? Які методи оптимізації ви знаєте? Яке програмне забезпечення застосовується для вирішення задач оптимізації?
6. Описати алгоритми, що застосовуються у даній лабораторній роботі. Навести математичні залежності, на яких вони базуються.
7. Які програми-симулятори ви знаєте? Яке їх призначення? Як використовуються симулятори при проектуванні мереж трубопроводів?

Додаткова література:

1. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні й масообмінні процеси та обладнання хімічної технології. – К.: “Політехніка”, 2002. – 304 с.
2. Процеси та апарати хімічних виробництв: курс лекцій / Оніщук Оксана Олександрівна, Жолт Олександрович Кормош. - Луцьк : Вежа-Друк, 2020 – 155 с.

3. Методи оптимізації та дослідження операцій [Текст] : навчальний посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щехорський, Б.Л. Якимчук. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. – 148 с. URL: http://eprints.zu.edu.ua/33082/1/МОДО_пос.pdf

8.8 Практикум № 14. Вивчення процедур лінійної умовної оптимізації

Мета роботи: дослідити процедур багатовимірної оптимізації на прикладі оптимальної виробничої програми хімічного підприємства.

Постановка задачі

Модельована проблема має наступний вигляд. На підприємстві спостерігається надлишок незавершеної продукції. При цьому склад готової продукції порожній, велика кредиторська заборгованість. Попит є, виробничі потужності є, але виробництво зупинено внаслідок відсутності деяких комплектуючих. Немає реалізації, прибутку, зарплати, розвитку. Необхідний план виробництва продукції з урахуванням витрат ресурсів (запасів сировини та напівфабрикатів на складах і можливостей постачальників).

План виробництва продукції звичайно представляється у вигляді таблиці, що включає перелік продукції і планові обсяги виробництва в натуральному вираженні (штуки, тонни, літри і т. д.).

При розробці плану уточнюється мета виробництва: максимізація прибутку, максимізація реалізації, зниження витрат і пр.

Можливі обсяги виробництва залежать від забезпеченості трьома видами ресурсів: працею, машинами та обладнанням, матеріалами та комплектуючими.

Знаходження оптимального плану здійснюється або вручну, шляхом перебору варіантів, або шляхом складання і рішення відповідної задачі лінійного програмування.

Оптимізація бізнес-планів методами лінійного і нелінійного програмування виконуються за допомогою програми **Excel Solver** (*Пошук рішення*). Зазвичай план по номенклатурі складається у вигляді таблиці (табл. 1).

Для лабораторної моделі обрана проблемна система, що включає номенклатуру продукції з шуканими плановими обсягами⁶. В якості критерію оптимальності прийнято максимум прибутку, з ресурсів будемо враховувати лише обмеження щодо комплектуючих вузлів і деталей.

Таблиця 1.

	A	B	C	D	E	F	H
7							
8				Назва продукції			
9				Вироб 1	Вироб 2	Вироб 3	
10	Кількість->			100	100	100	
11	Назва комплектуючих	Всього на складі, шт	Витрата за планом, шт	Норма витрати ресурсів, шт			
12	Деталь 1	450	200	1	1	0	
13	Деталь 2	250	100	1	0	0	Зменш
14	Деталь 3	800	500	2	2	1	коэф.
15	Деталь 4	450	200	1	1	0	віддачі
16	Деталь 5	600	400	2	1	1	0,9
17							
18	Прибуток за видами виробів, грн			4 732,18 грн.	3 154,79 грн.	2 208,35 грн.	
19	Загальний прибуток			10 095,32 грн.			

Нехай деякий підприємство випускає деякі вироби, використовуючи загальний склад комплектуючих. Кожному типу виробів відповідає своя норма прибутку. Запас комплектуючих на складі обмежений. Задача зводиться до визначення кількості кожного виду виробів для отримання найбільшого прибутку, тобто оптимальне співвідношення обсягів випуску різних типів виробів в плані.

⁶ Використана проблемна ситуація з довідкової системи MS Excel, із відповідними змінами.

Слід враховувати зменшення питомої прибутку при збільшенні обсягів виробництва у зв'язку з додатковими витратами на збут.

У вітчизняній практиці складання бізнес-планів прийнято, розробляючи план виробництва продукції, розташовувати номенклатуру у першому стовпці. Але дотримуючись математичної традиції, приймемо розташування планової номенклатури в рядку.

Назва продукції розташоване в рядку **8** листа Excel (Виріб 1, Виріб 2, Виріб 3). У рядку **9** розташовані комірки шуканого плану. Ми повинні призначити кількість виробів в плані виробництва.

Мета виробництва – максимально можливий прибуток, обчислюється в комірці **D18**.

Шукані величини: планова кількість продукції і прибуток – оточені суцільною жирною рамкою. Необхідні для розрахунку плану вихідні дані оточені пунктирними рамками. Проміжні результати розрахунків не виділяються рамками.

У колонці **A** наводиться найменування комплектуючих виробів, необхідних для виробництва продукції. Поруч, в колонці **B**, заданий як вихідні дані запас комплектуючих на складі. Це можна також представити як щомісячна, квартальна чи річна потужність постачальників комплектуючих.

Вихідними даними для розрахунків є норми витрат комплектуючих на виробництво одного виробу. Вони задаються в матриці діапазону **D11:F15** і готуються технологами-нормувальниками.

Планові витрати комплектуючих на виробництво всіх типів виробів не повинні перевищувати запасів на складі. Вони обчислюються в колонці **C** як сума творів планової кількості продуктів на питомі норми витрат комплектуючих.

Прибуток з кожного типу виробів обчислюється в рядку **17**.

Заданої заздалегідь величиною є коефіцієнт зменшення віддачі. Він відображає убиваючу ефективність зростання продажів за рахунок зростання витрат на рекламу та інші витрати в системі маркетингу і збуту.

Введемо позначення:

i – номер рядка,ресурсу;

j – номер стовпця,продукту;

X_j – шукане планова кількість j -го продукту;

P_j – прибуток (**profit**) на одиницю j -го продукту;

B_i – обмежений (**boundary** = кордон) запас i -го ресурсу на складі;

R_{ij} – норма витрати i -го ресурсу на одиницю j -го продукту;

C_i – планова сума витрат i -го ресурсу для усіх продуктів;

$$C_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} * X_j . \quad (1)$$

Економіко-математична постановка задачі оптимального планування випуску продукції буде виглядати наступним чином:

Цільова функція (необхідно максимізувати прибуток)

$$P = \sum_{j=1}^m P_j * X_j \rightarrow \max \quad (2)$$

при обмеженнях $C_i \leq B_i$ невід'ємних кількостях продуктів $X_j \geq 0$.

Після складання планової таблиці необхідно пов'язати показники формулами для обчислень. Подання формул і чисел вихідних даних дано в табл. 2.

Таблиця 2

	A	B	C	D	E	F
7						
8				Назва продукції		
9				Вироб 1	Вироб 2	Вироб 3
10	Кількість->			100	100	100
11	За комплектування на складі, шт	Витрата за планом, шт	Норма витрати ресурсів, шт			
12	Деталь 1	450	=D\$10*D12+E\$10*E12+F\$10*F12	1	1	0
13	Деталь 2	1250	=D\$10*D13+E\$10*E13+F\$10*F13	1	0	0
14	Деталь 3	800	=D\$10*D14+E\$10*E14+F\$10*F14	2	2	1
15	Деталь 4	450	=D\$10*D15+E\$10*E15+F\$10*F15	1	1	0
16	Деталь 5	600	=D\$10*D16+E\$10*E16+F\$10*F16	2	1	1
17						
18	Прибуток за видами виробів, грн			=75*МАКС(D10;0)*\$H\$16	=50*МАКС(E10;0)*\$H\$16	=35*МАКС(F10;0)*\$H\$16
19	Загальний прибуток			=СУММ(D18:F18)		

У колонці C (Планова витрата комплектуючих) введені формули обчислення суми добутоків норм витрати ресурсів на планову кількість продукції.

У рядку 17 (Прибуток за видами виробів) числа 75, 50 і 35 означають прибуток на одиницю продукції, яка множиться на кількість виробів за планом і коректується зведенням до степеня коефіцієнтом зменшення прибули з комірки H15.

У рядку 18 підсумовується прибуток по всій продукції з рядка 17.

Завдання до самостійної роботи. Ручний пошук оптимального плану

Змінюючи кількість продукції в рядку 9, збільшувати прибуток у комірці D18. При цьому візуально контролювати витрати комплектуючих у колонці C. Витрата не повинна перевищувати запасів на складі (графа B).

Завдання до аудиторної роботи. Автоматичний пошук оптимального плану.

Викликати команду меню **Сервіс > Пошук рішення**. Перевірити настройку моделі в діалоговому вікні (рис. 1). Мета – отримання найбільшого прибутку, комірка D18. Змінні дані в діапазоні D9:F9. Ця

кількість виробів, що випускаються кожного виду. Обмеження **C11:C15** $\leq$ **B11:B15** введені, щоб кількість використаних комплектуючих не перевищувала їх запасу на складі. Кількість виробів, що випускаються не може бути негативним: **D9:F9** $\geq$ **0**. Натиснути кнопку **Виконати**, у вікні **Пошук рішення**.

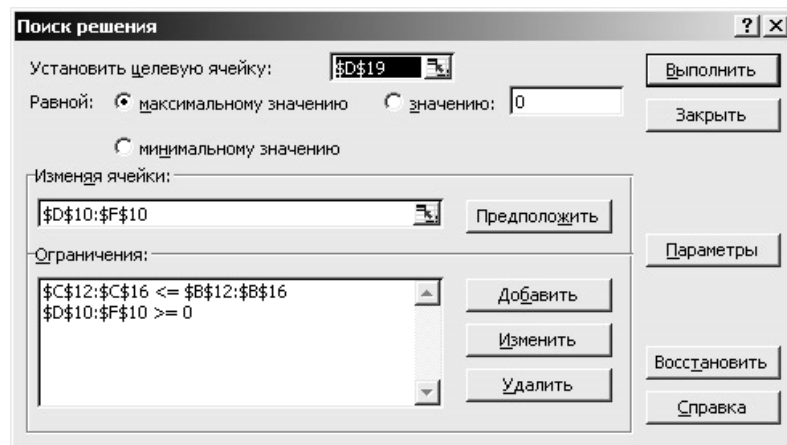


Рис 1. Вікно програми «Пошук рішення»

У формулу прибутку на виріб в комірках **D17:F17** входить показник ступеня **H15**, що враховує зменшення питомого прибутку із зростанням обсягу виробництва.

Якщо значення **H15** відмінно від **1**, задача нелінійна. У вікні параметрів треба вимкнути опцію лінійної моделі.

Якщо змінити **H15** на 1,0 (прибуток не залежить від обсягу виробництва) і повторно запустити процес пошуку рішення, раніше знайдене оптимальне рішення буде іншим. Дана зміна робить завдання лінійної. Можна у вікні параметрів включити прапорець лінійної моделі.

У табл.1 дано оптимальне рішення, знайдене програмою Пошук рішення. Досягнуто максимальний прибуток при обмеженнях ресурсів на складі.

Обмежені запаси яких ресурсів на складі досліджуваного підприємства стримують подальше збільшення прибутку⁷? Запаси яких ресурсів на складі вище планової потреби? Які рекомендації щодо майбутніх обсягів поставок ресурсів на склад підприємства можна дати?

Оформлення звіту

Звіт повинен містити:

1. Визначення проблеми (призначення, математична постановка задачі).
2. Коротку характеристику програми оптимізації Пошук рішення (призначення, порядок роботи з надбудовою, основні вікна).
3. Опис ходу рішення завдання (згідно з варіантом).
4. Планову таблицю з результатами розрахунку оптимального плану.
5. Аналіз оптимального плану і пропоновані рішення менеджера.

Контрольні питання

1. Сформулювати мету лабораторної роботи. Чому актуальна проблема оптимального планування випуску продукції з урахуванням обмежень по ресурсах?
2. Предметом якої економічної науки є побудова плану виробництва продукції?
3. Як використовуються на практиці результати розрахунків? Навести приклади.
4. Пояснити структуру планової таблиці, її зв'язок із завданням оптимізації. Що є вихідними даними?
5. Які комірки планової таблиці входять в обмеження задачі оптимізації, цільову функцію? Які комірки варіюються?

⁷ В оптимальному плані виробництва ці ресурси витрачені повністю

6. Дати коротку характеристику комерційним пакетам для вирішення задач оптимізації. Які програми оптимізації, крім Пошуку рішення, вам відомі?
7. Дати коротку характеристику пакета оптимізації Пошук рішення. Які класи задач оптимізації дозволяє вирішувати ця програма?
8. Пояснити послідовність рішення запропонованої викладачем задачі оптимізації за допомогою пакета Пошук рішення.

Додаткова література

4. Кузьмичов, А. І. Математичне програмування в Excel : Навчальний посібник / А. І. Кузьмичов, М. Г. Медведєв. - К. : Видавництво Європейського університету. - 2005. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5668/1/21.PDF>
5. Кузьмичов А. І. Оптимізаційні методи і моделі. Моделювання засобами MS Excel [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. І. Кузьмичов . — Київ : Ліра-К, 2015 . — 215 с.
6. Методи оптимізації та дослідження операцій [Текст] : навчальний посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щехорський, Б.Л. Якимчук. — Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. — 148 с. URL: http://eprints.zu.edu.ua/33082/1/МОДО_пос.pdf

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кириленко О. П., Письменний В. В. Основи наукових досліджень у схемах і таблицях : навч. посіб. Тернопіль : ТНЕУ, 2013. 228 с.
2. Ковальчук В.В., Моїсєєв Л.М. Основи наукових досліджень. К. : Професіонал, 2014. - 208 с.
3. Астрелін І.М., Концевой А.Л., Концевой С.А. Основи наукових досліджень: навч. посіб. Київ: [Електронне видання]. К. : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017. 315 с.
4. Данилкович А. Г. Основи наукових досліджень у вищому навчальному закладі: Навчальний посібник. К. : КНУТД, 2010. 294 с
5. Пілюшенко В.Л., Крабах І.В., Славенко Е.І. Наукове дослідження: організація, методологія, інформаційне забезпечення. К. : Лібра, 2004. 344 с.
6. П'ятницька І.С. Основи наукових досліджень в вищій школі. К. : Вища школа, 2003. 316 с.
7. Стеченко Д.М., Чмир О.С. Методологія наукових досліджень. К. : Знання, 2007. 317 с.
8. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності. К. : Знання, 2006. 307 с.
9. Гайдучок В.М., Затхей Б.І., Лінник М.К. Теорія і технологія наукових досліджень. Львів : Афіша, 2006. 232 с.
10. П'ятницька-Познякова І.С. Основи наукових досліджень. К. : Вища школа, 2003. 116 с.
11. Кузнецов Ю.М. Теорія розв'язання творчих задач. К.: ТОВ "ЗМОК" ПП "ГНОЗИС", 2003. 294 с.
12. Філіпенко А.С. Основи наукових досліджень. К. : Академвидав, 2005. 208 с.
13. Шишка Р.Б. Організація наукових досліджень та підготовка магістерських і дисертаційних робіт. Харків : Еспада, 2007. 368 с.

14. Крушельницька В. Методологія та організація наукових досліджень. К. : Кондор, 2003. 192 с.
15. Статюха Г.О., Складанний Д.М., Бондаренко О.С. Вступ до планування оптимального експерименту. К. : НТУУ "КПІ", 2011. 117 с.
16. Кузьмичов А. І. Оптимізаційні методи і моделі. Моделювання засобами MS Excel : навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2015. 215 с.

ДОДАТОК А.

Приклади обґрунтування теми наукових досліджень

А1 Тема 1. Видалення сполук арсену та гуматів з водного середовища⁸

Арсеновмісні сполуки згубно діють на живі організми внаслідок своєї високої токсичності. Середня напівлетальна доза (LD_{50}) сполук арсену знаходиться в діапазоні 0,014-0,185 г/кг. Але хронічний арсенікоз зазвичай починає розвиватись за доз в тисячі разів менших за напівлетальну, діючих на організм протягом тривалого періоду часу.

Найбільшою загрозою здоров'ю людей є неорганічні арсеновмісні речовини, що надходять у людський організм разом з питною водою. Довготривале поступання арсеновмісних сполук з питною водою може призвести до ракових захворювань крові, печінки, легень, шкіри та багатьох інших органів. Серед неканцерогенних ефектів можна відмітити генотоксичну дію та імунологічні, неврологічні й ендокринні розлади. Ось чому видалення сполук арсену є дуже важливим у процесі підготовки питної води з природних вод.

Несприятливою є й ситуація з наявністю арсеновмісних речовин і у природних водах України, особливо в районі Рахів-Тисинського глибинного поперечного розлому, де вміст арсену у артезіанських водах може сягати кількох тисяч мкг/дм³, що зумовлено виходом арсеновмісних гірських порід з глибинних шарів. Також арсеновмісні природні води зустрічаються в центральних та східних регіонах України, оскільки часто супроводжують поклади кам'яного вугілля, руд заліза та кольорових металів.

Незважаючи на пильну увагу світової спільноти, в Україні дослідження видалення сполук арсену проводяться в дуже незначній мірі. Оскільки значна частина наслідків впливу арсену на організм є

⁸ <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/40412>

незворотними, то основною медико-санітарною мірою охорони здоров'я можна назвати запобігання появи домішок сполук арсену в питній воді. Отже, існує необхідність у розробці ефективних та безпечних технологій глибокого очищення води від домішок сполук арсену.

В останні роки внаслідок Глобального потепління та нераціонального використання водних ресурсів суттєво зріс вміст природних органічних речовин у поверхневих природних водах, що часто призводить до неприємного для споживачів кольору водопровідної води та утворення шкідливих, канцерогенних та часто маючих неприємний запах побічних продуктів дезінфекції.

Варто згадати, що сполуки арсену у природних водах існують не тільки у вигляді арсенатів, арсенітів чи метильованих форм, а й здатні утворювати комплекси з гуміновими речовинами.

Отже, наукове обґрунтування та розробка способів, що дозволять високоефективно вилучати з води сполуки As(V) та As(III), в тому числі гумати, є актуальними для умов України.

Мета і задачі дослідження

Мета роботи полягала в розробці та науковому обґрунтуванні методу для ефективного видалення сполук арсену різних ступенів окиснення та гуматів з природних вод.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- синтезувати широкий спектр ферумвмісних сорбційних матеріалів (ФСМ), в тому числі за участі активованого вугілля, для вилучення сполук арсену та гуматів;

- дослідити ефективність та селективність вилучення арсеновмісних речовин з модельних водних розчинів різного іонного складу за допомогою синтезованих сорбційних матеріалів;

- встановити закономірності видалення різних сполук арсену з модельних водних розчинів;
- розробити спосіб відокремлення від води відпрацьованих ФСМ;
- провести випробування синтезованих ФСМ на природних арсеновмісних водах та встановити ефективність сорбційного вилучення сполук арсену та гуматів;
- обґрунтувати та розробити раціональний метод видалення сполук арсену різного ступеня окиснення та гуматів з природних вод, довести його економічну доцільність та екологічність.

Об'єкт дослідження – модельні арсеновмісні та гуматовмісні водні розчини різного складу, природні води, адсорбенти різного типу.

Предмет дослідження – процес синтезу ефективних сорбційних матеріалів для вилучення сполук арсену; спосіб відділення відпрацьованих сорбентів на мембрані; створення та застосування нового підходу видалення арсеновмісних речовин та гуматів з природних та стічних вод.

Методи дослідження. В експериментах використано фотоколориметрію, УФ-спектроскопію, мікроскопію, тест капілярного просочування, вимірювання ζ -потенціалу, термогравіметричні та рентгенографічні методи аналізу.

Результати вимірювань оброблено статистичними методами із застосуванням програмного забезпечення персональних комп'ютерів.

A2 Тема 2. Реагенти водоочищення на основі відходів глиноземного виробництва⁹

Створення нових ефективних реагентів водоочищення комплексної дії з дешевої сировини і промислових відходів є важливим з точки зору економії ресурсів. Перспективним матеріалом для отримання подібних реагентів є, зокрема, відходи різних виробництв України, у тому числі,

⁹ <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29406>

відходи глиноземного виробництва «червоний шлам» (ЧШ), який містить велику кількість оксидів заліза (до 50%) та алюмінію (до 20%).

Оскільки існуючі накопичення і складування ЧШ несуть загрозу для довкілля, його утилізаційна переробка є актуальною ще й з екологічної точки зору. Створення теоретичних засад утилізації відходів крупномасштабного глиноземного виробництва базується на прогресивному розвитку наукової теорії коагуляційних та сорбційних процесів у забруднених системах (із залученням нових синтезованих реагентів із відходів) і є проблемою не тільки в межах України, а й у світовому вимірі. Розроблені технології одержання реагентів з ЧШ та їх використання для очищення природних та стічних промислових вод від органічних поллютантів різного генезису не мають світових аналогів.

Запропоновані і науково обґрунтовані технологічні рішення будуть інвестиційно привабливими для хімічної та суміжних (фармацевтичної, текстильної, харчової, косметичної тощо) галузей промисловості, на підприємствах глиноземних виробництв і збагачувальних заводах України для отримання дешевого вітчизняного товарного продукту із відходів.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи було створення технологічних засад отримання та застосування реагентів водоочищення із відходів глиноземних виробництв; оцінювання їх коагуляційних та сорбційних властивостей для використання в технології водоочищення.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

1. Визначити склад відходів глиноземних виробництв для обґрунтування раціонального методу їх переробки в реагенти водоочищення.

2. Розробити способи й встановити основні закономірності процесу отримання нових зразків реагентів водоочищення з відходів глиноземних виробництв.

3. Дослідити шляхи модифікації активованого вугілля (АВ) оксидами металів з використанням реагентів, які отримані з відходів глиноземного виробництва.

4. Встановити морфологію, структурні, коагуляційні та сорбційні характеристики отриманих реагентів та сорбентів.

5. Виявити основні закономірності очищення води від забруднень різного походження (природної та синтетичної органіки) отриманими реагентами та сорбентами.

6. Запропонувати ймовірний механізм закріплення компонентів відходів глиноземних виробництв на поверхні активованого вугілля.

7. Запропонувати технологічну послідовність застосування отриманих реагентів у водоочищенні та розрахувати основні техніко-економічні показники їх створення і використання.

Об'єкт дослідження – процеси отримання багатофункціональних реагентів з промислових відходів та процеси перевірки ефективності їх застосування в технології водоочищення зі встановленням механізмів дії отриманих реагентів.

Предмет дослідження – нативний червоний шлам, коагуляційні та сорбційні матеріали на його основі; стічні та природні води, забруднені органічними політантами різного генезису.

Методи дослідження. У ході роботи для визначення мікроструктурних характеристик і складу ЧШ та отриманих реагентів використано просвічуючу та скануючу електронну мікроскопію (Zeiss EVO 50, Oxford Instruments, United Kingdom), енергодисперсійний рентгенофлуоресцентний елементний аналіз та ІЧ-спектроскопію; для визначення структурно-сорбційних характеристик – низькотемпературну адсорбцію-десорбцію азоту (Quantachrome NOVA), адсорбцію водного розчину п-хлораніліну та метиленового синього, кількість поверхневих груп активного вугілля та сорбційного матеріалу визначали,

використовуючи скорочену версію методу титрування за Бемом. Вимірювання дзета-потенціалу суспензії отриманих зразків проводилось з використанням U-подібної капілярної кювети DTS1070 та прибору Zetasizer Nano Z, Malvern (United Kingdom). Сорбційні властивості синтезованих матеріалів досліджувалися з використанням методів визначення граничної сорбції в статичних умовах з використанням шейкера PSU-20i, Biosan. Для кількісного визначення концентрації органічних речовин у воді використовували спектрофотометричний метод при довжині хвилі 254 нм (UV254) для природних органічних речовин та 225 нм – для поверхнево-активних речовин на спектрофотометрі 4802 UV/VIS double beam. Визначення колірності здійснювали спектрофотометрично на обладнанні Hach-Lange DR 3900 (USA).

А3 Тема 3. Фільтрувальні композити на основі пороутворюючих матеріалів різного генезису¹⁰

Комплексне вирішення питань індустріального розвитку, життєзабезпечення і охорони довкілля обумовило необхідність реалізації ефективних процесів фільтрації та очищення повітря, газів та рідин за допомогою пористих матеріалів. Особлива увага при цьому приділяється розширенню асортименту таких матеріалів, покращенню властивостей та експлуатаційної надійності шляхом оптимізації складу і технології. При цьому практичне розповсюдження в системах фільтрування та очищення отримали елементи пористої кераміки, які вироблялись в Україні на Слов'янському керамічному комбінаті.

Відомі розробки стосовно технології пористої кераміки головним чином базуються на використанні висококонцентрованих систем на основі ресурсоемного керамічного шамоту, виготовленого шляхом високотемпературного випалу вогнетривких глин. Аналіз ефективності використання наповнювачів, як фактору впливу на формування структури та властивостей фільтрувальних виробів зводиться до варіювання їх гранулометричного складу та пористості, проте зменшенням діаметру пор зменшує продуктивність фільтрів. Питання впливу складу і хімії поверхні інгредієнтів композитних матеріалів на процеси фільтрації практично не вивчені. Відсутні також дані стосовно дії різних режимів випалу на мінералогічний склад і порову структуру керамічних фільтрів. Тому створення нових видів ефективних фільтруючих матеріалів потребує реалізації нових підходів в частині вибору складових, детальної оцінки їх складу, порової структури, ступеня розвитку питомої ефективної поверхні та енергетичного стану. Подальший розвиток конкурентоспроможного національного виробництва, збільшення асортименту та напрямків

¹⁰ <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/40818>

використання виробів з пористої кераміки нерозривно пов'язані з розширенням сировинної бази, розробкою нових складів мас, поглибленням наукових уявлень про зв'язок склад → структура → властивості у висококонцентрованих силікатних системах є актуальною науковотехнічною задачею.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи полягала у розвитку науково-технічних засад національного виробництва конкурентоспроможної пористої кераміки для систем очищення, зрошення та аерації шляхом розширення сировинної бази, встановлення закономірностей формування порової структури фільтруючої кераміки на основі наповнювачів різного генезису.

Для досягнення поставленої мети ставились до виконання наступні завдання:

- вибрати види матеріалів-наповнювачів, здатних забезпечити заміну в технології пористої кераміки енергоємного керамічного шамоту з вогнетривких глин;
- визначити особливості фазового складу та властивостей поверхні вихідних матеріалів-наповнювачів як факторів впливу на фільтруючу здатність пористої кераміки;
- дослідити залежність пористості та властивостей кераміки при диференціації видів наповнювачів та режимів випалу;
- оцінити ефективність введення пороутворюючих добавок – відходів промисловості як техногенної сировини;
- визначити нові склади мас для виготовлення пористої кераміки при низькотемпературному та швидкісному випалі;
- розробити нові конструктивні рішення застосування пористої кераміки в системах фільтрації та очищення різного призначення.

Об'єкт дослідження - пориста кераміка на основі мінеральних наповнювачів різного генезису.

Предмет дослідження – особливості та фізико-хімічні закономірності формування порової структури фільтруючої кераміки на основі наповнювачів різного генезису.

Методи дослідження. В ході роботи хімічний та гранулометричний склад вихідної сировини, фізико-технічні та експлуатаційні властивості пористої кераміки визначали згідно з діючими нормативно-технічними документами. Енергетичний стан, питома ефективна поверхня та змочуваність полярною та неполярною рідиною оцінювалась за допомогою інструментальних методів. Структура і фазовий склад досліджуваних матеріалів визначались за допомогою рентгенофазового, електронномікроскопічного та інфрачервоного методів фізикохімічного аналізу. Обробка результатів експериментів здійснювалась при застосуванні методів математичної статистики.

ДОДАТОК Б. РОЗРАХУНОК КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОПОХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

Для кінетичного рівняння Колмогорова-Єрофєєва в інтегральній формі $x = 1 - \exp(-k \cdot \tau^n)$ визначити порядок реакції n та константу швидкості k за даними, що наведені у таблицях (Бі).

Порядок виконання завдання базується на знаннях і вміннях, отриманих при виконанні завдань підрозділу 7.1.

Інтерпретувати значення порядку n з точки зору кількості можливих стадій і механізмів росту кристалів.

Таблиця Б1 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9
τ	101	122	137	150	156	162	168	180	192	219
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Таблиця Б2 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4 5	0,5	0,5 5	0,65	0,75	0,9
τ	47	60	71	80	84	88	92	101	111	132
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Таблиця Б3 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4 5	0,5	0,5 5	0,6 5	0,75	0,9
τ	6,8 N	7,7 N	8,4 N	8,9 N	9,1 N	9,4 N	9,6 N	10 N	10,5 N	11,5 N

Таблиця Б4 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9
τ	324 N	472 N	597 N	714 N	773 N	832 N	893 N	1024 N	1177 N	1517 N

Таблиця Б5 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9
τ	472 N	606 N	709 N	799 N	842 N	884 N	927 N	1016 N	1115 N	1320 N

Таблиця Б6 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9
τ	18,0 N	21,7 N	24,4 N	26,7 N	27,8 N	28,8 N	29,9 N	32,0 N	34,3 N	38,9 N

Таблиця Б7 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9
τ	10,1	11,7	12,8	13,8	14,3	14,7	15,1	16,0	16,9	18,7
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Таблиця Б8 – Залежність ступеня розкладання x (частки) від часу τ (с)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75	0,9
τ	40,2	46,7	51,3	55,1	56,9	58,6	60,3	63,7	67,3	74,5
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

ДОДАТОК В.

РОЗРАХУНОК РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДРОБОВОГО ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Досліджено (таблиці Ві) вплив 5 факторів (Z_1 - рН осадження, Z_2 - температура осадження, °С, Z_3 - концентрація аміачної води, %, Z_4 - концентрація нітрату заліза, %, Z_5 - час старіння осаду, годин) на властивості осаду – швидкість фільтрування Y .

Умови реалізації експерименту ДФЕ 2^{5-1}

Назва	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Верхній рівень	8+0,1N	90+0,3 N	20+0,15 N	30+0,15 N	2+0,01 N
Нижній рівень	7+0,1 N	70+0,3 N	10+0,15 N	20+0,15 N	1+0,01 N

Виконання завдання базується на знаннях і вміннях,

отриманих при виконанні завдань підрозділу 7.5, при цьому:

- визначити генеруюче співвідношення за даними матриці планування;

- знайти коефіцієнти моделі $Y_{розр} = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots$ (фактори в кодованому вигляді згідно вихідних даних, таблиці В1, В2, В3, В4).

- аналогічно за таблиці В1, В2, В3, В4 підготувати матрицю (таблиці В1а, В2а, В3а, В4а, відповідно до завдання) для факторів в натуральному вигляді:

№	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Y	$Y_{розр}$	Відн.відх.,%
---	-------	-------	-------	-------	-------	-----	------------	--------------

Таблиця В1 – Матриця планування ДФЕ 2^{5-1} і результати експерименту

№	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	Y	Үрозн	Відн.відх.,%
1	1	1	1	1	1	31N		
2	-1	1	1	1	-1	29N		
3	1	-1	1	1	-1	8N		
4	-1	-1	1	1	1	19N		
5	1	1	-1	1	-1	38N		
6	-1	1	-1	1	1	49N		
7	1	-1	-1	1	1	28N		
8	-1	-1	-1	1	-1	26N		
9	1	1	1	-1	-1	26N		
10	-1	1	1	-1	1	38N		
11	1	-1	1	-1	1	17N		
12	-1	-1	1	-1	-1	15N		
13	1	1	-1	-1	1	46N		
14	-1	1	-1	-1	-1	44N		
15	1	-1	-1	-1	-1	23N		
16	-1	-1	-1	-1	1	35N		

Таблиця В2 – Матриця планування ДФЕ 2^{5-1} і результати експерименту (фактори в кодованому вигляді)

№	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	Y	Үрозн	Відн.відх.,%
1	1	1	1	1	1	28N		
2	-1	1	1	1	-1	22N		
3	1	-1	1	1	-1	2N		
4	-1	-1	1	1	1	16N		
5	1	1	-1	1	-1	31N		
6	-1	1	-1	1	1	46N		
7	1	-1	-1	1	1	25N		
8	-1	-1	-1	1	-1	19N		
9	1	1	1	-1	1	30N		
10	-1	1	1	-1	-1	24N		
11	1	-1	1	-1	-1	4N		
12	-1	-1	1	-1	1	18N		
13	1	1	-1	-1	-1	33N		
14	-1	1	-1	-1	1	48N		
15	1	-1	-1	-1	1	27N		
16	-1	-1	-1	-1	-1	21N		

Таблиця В3 – Матриця планування ДФЕ 2^{5-1} і результати експерименту

№	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	Y	Урозн	Відн.відх.,%
1	1	1	1	1	1	37N		
2	-1	1	1	1	1	41N		
3	1	-1	1	1	-1	7N		
4	-1	-1	1	1	-1	11N		
5	1	1	-1	1	-1	32N		
6	-1	1	-1	1	-1	37N		
7	1	-1	-1	1	1	38N		
8	-1	-1	-1	1	1	43N		
9	1	1	1	-1	-1	20N		
10	-1	1	1	-1	-1	25N		
11	1	-1	1	-1	1	26N		
12	-1	-1	1	-1	1	31N		
13	1	1	-1	-1	1	52N		
14	-1	1	-1	-1	1	57N		
15	1	-1	-1	-1	-1	22N		
16	-1	-1	-1	-1	-1	26N		

Таблиця В4 – Матриця планування ДФЕ 2^{5-1} і результати експерименту

№	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	Y	Урозн	Відн.відх.,%
1	1	1	1	1	1	51N		
2	-1	1	1	1	-1	30N		
3	1	-1	1	1	1	34N		
4	-1	-1	1	1	-1	13N		
5	1	1	-1	1	-1	40N		
6	-1	1	-1	1	1	71N		
7	1	-1	-1	1	-1	23N		
8	-1	-1	-1	1	1	53N		
9	1	1	1	-1	-1	28N		
10	-1	1	1	-1	1	58N		
11	1	-1	1	-1	-1	10N		
12	-1	-1	1	-1	1	41N		
13	1	1	-1	-1	1	68N		
14	-1	1	-1	-1	-1	47N		
15	1	-1	-1	-1	1	51N		
16	-1	-1	-1	-1	-1	30N		

- знайти коефіцієнти моделі $Y_{розр} = a_0 + a_1 \cdot Z_1 + a_2 \cdot Z_2 + \dots$
(фактори в натуральному вигляді – таблиці В1а, В2а, В3а, В4а).

ДОДАТОК Г.

ТЕРМІНИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ СКЛАДАННІ СТАТИСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Адекватність рівняння регресії — відповідність рівняння регресії експериментальним даним. Цю відповідність оцінюють у межах помилки відтворення.

Активний експеримент — експеримент, при плануванні й аналізі якого використовуються математико-статистичні методи. При цьому експериментатор активно впливає на дослід і в ході експерименту може змінити його напрямок чи постановку задачі.

Апріорна інформація — сукупність інформації про об'єкт, що була відома до проведення дослідів з літератури, або в результаті опитування фахівців чи з попередніх досліджень.

Вибірка — лише частина генеральної сукупності. Генеральна сукупність — абсолютно всі можливі результати. Отримати результат, що не входить в генеральну сукупність абсолютно неможливо в принципі.

Відгуку функція — залежність, що характеризує зв'язок між відгуком (величиною на виході) і керованими параметрами (факторами).

Градiєнт — векторна величина, яка визначає в кожній точці простору не лише швидкість зміни, а й напрямок найшвидшої зміни функції, що залежить від координат.

Дисперсія випадкової величини (σ^2) — характеристика розсіювання випадкової величини біля її математичного очікування, чи математичне очікування квадрата різниці між випадковою величиною і її математичним очікуванням (дивись нижче визначення математичного очікування).

Дисперсія вибіркова — дисперсія, обчислена за даними вибірки.

Дисперсія дослідів (дисперсія відтворюваності $s^2_{\text{відт}}$ чи s^2_0) - дисперсія відтворюваності експерименту, обчислюється як середнє арифметичне вибірових дисперсій результатів паралельних (дубльованих) дослідів,

якщо зазначені дисперсії однорідні.

Дисперсія залишкова (дисперсія адекватності $s^2_{ад}$) — дисперсія, що характеризує розсіювання дослідних даних щодо рівняння регресії.

Довірча імовірність (P_ε) — досить велика (звичайно близька до одиниці) імовірність того, що відхилення вибіркового параметра (Π^*) від генерального параметра (Π) не перевищить за абсолютним значенням якоїсь прийнятої величини ε (ε — припустиме відхилення Π від Π^*). В хімії і хімічній технології рекомендовано використовувати значення довірчої імовірності рівне 0,95.

Довірчий інтервал випадкової величини — інтервал зміни випадкової величини, у якому її значення з імовірністю, близької до одиниці (довірча імовірність — 0,90; 0,95; 0,99), може практично вважатися достовірним.

Дробова репліка — план експерименту, що є частиною повного факторного експерименту. Число дослідів, що відповідає даній репліці, найчастіше визначається розділенням кількості дослідів повного факторного експерименту на число, кратне двом.

Ефект взаємодії — ефект, що характеризує спільний вплив декількох факторів на параметр оптимізації.

Змішані оцінки коефіцієнтів регресії — оцінки, у яких спільно враховуються лінійні ефекти та ефекти взаємодії.

Значимість — дотримання умови, коли деякі статистики, знайдені по вибірках, відрізняються одна від одної (чи від інших обраних значень) більше, ніж можна було б очікувати, у зв'язку з випадковими коливаннями у вибірках.

Інтервал варіювання — різниця між двома натуральними значеннями факторів, що відповідає одиниці кодованого значення фактора; це частина області визначення фактора.

Кодування факторів — лінійне перетворення факторного простору з переносом початку координат у центр експерименту і вибором масштабу

по осях координат в одиницях варіювання факторів.

Композиційне планування — планування, що базується на послідовному добуудовуванні матриць з переходом до планів більш високого порядку.

Кореляція — статистичний зв'язок, при якому зі зміною однієї випадкової величини відбувається зміна якої-небудь чисельної характеристики відповідного ряду розподілу значень іншої випадкової величини.

Коефіцієнт кореляції (r_{yx}) — статистика, що характеризує тісноту (силу) кореляційного зв'язку між випадковими величинами, якщо цей зв'язок описується лінійним поліномом.

Коефіцієнт регресії — коефіцієнт рівняння регресії (поліноміального рівняння).

Критерій значимості — випадкова величина, розподіл якої являє собою спеціально підібрану функцію, що залежить тільки від числа дослідів (числа ступенів свободи); застосовується для встановлення значимості деяких статистик. Цей критерій значимості називають ім'ям автора, що запропонував відповідний вид розподілу, і позначають буквою цього розподілу, наприклад, критерій Стюдента (t-розподіл), критерій Фішера (F-розподіл), критерій Кохрена (G-розподіл).

Крутого сходження метод — математичний метод планування експерименту на стадії пошуку екстремуму функції відгуку; заснований на кроковому русі в область оптимуму за градієнтом лінійного наближення.

Майже стаціонарна область (область оптимуму) — частина поверхні відгуку поблизу оптимуму (екстремуму).

Математичне очікування випадкової величини — сума добутків кожного значення цієї величини на відповідну імовірність, чи **середнє арифметичне всіх значень**, що приймає випадкова величина в N дослідів, якщо число цих дослідів необмежено зростає ($N \Rightarrow \infty$).

Натуральне значення фактора — іменоване значення фактора.

Нульовий рівень — натуральне значення фактора, що відповідає центру

кодованої системи координат (центр планування).

Паралельні (дубльовані) виміри — виміри, виконані при однакових значеннях факторів. Використовуються для оцінки відтворюваності експерименту і оцінки його достовірності через розрахунок довірчого інтервалу.

Пасивний експеримент — експеримент, що базується на реєстрації вхідних і вихідних параметрів, що характеризують об'єкт дослідження, без втручання в експеримент у процесі його проведення. Математико-статистичні методи застосовуються тільки після закінчення експерименту для обробки зібраних експериментальних даних.

Повний факторний експеримент — експеримент, що включає всі можливі комбінації досліджуваних факторів при обраному числі рівнів (найчастіше на двох рівнях, а іноді на трьох чи чотирьох рівнях).

Рівняння регресії — математична модель процесу, отримана за допомогою математико-статистичної обробки експериментальних даних і представлена в поліноміальній формі.

Рівень значимості (q) — поняття, що виражає імовірність, якою нехтують в даній області досліджень. Звичайно q — мала імовірність ($q=1-P_{\epsilon}$, де P_{ϵ} — довірна імовірність), що вибирають, виходячи з конкретного змісту задачі (у технічних дослідженнях часто приймають $q=0,05$ або 5%).

Співвідношення генеруюче (рос.: генерирующее соотношение) — співвідношення, що показує, які взаємодії факторів замінені новими факторами при побудові дробової репліки.

Стандартне відхилення (англ. *standard deviation*, франц. *ecart type*) або середнє квадратичне відхилення, позначається як S або σ — у теорії ймовірності і статистиці найбільш поширений показник розсіювання значень випадкової величини відносно її математичного очікування. Вимірюється в одиницях виміру самої випадкової величини (дивись Дисперсія випадкової величини σ^2).

*«Уявні» дослід*и — дослід, умови проведення яких визначені з урахуванням інтервалів варіювання факторів і відповідних коефіцієнтів регресії на стадії крутого сходження в область оптимуму; при крутому сходженні частина «уявних» дослідів реалізується з метою експериментальної перевірки результатів крутого сходження.

Фактори — незалежні змінні (вхідні параметри), що варіюються при проведенні експерименту; вони змінюються цілеспрямовано.

Фіктивна змінна (x_0) — змінна, що приймає тільки одне значення:

$x_0 = + 1$. Використовується при складанні системи нормальних рівнянь; вводиться в матрицю планування (фактори в кодованому виді) в окрему графу.

Центр експерименту — кодовані координати умов проведення експерименту при фіксуванні усіх факторів, що варіюються, на нульовому рівні.

Число степенів свободи (показник f) — поняття, яке враховує необхідність приймати до уваги зв'язки, що обмежують свободу зміни випадкових величин чи число незалежних станів (величин). Числом ступенів свободи f вибірки прийнято називати різниця між обсягом вибірки N і числом зв'язків L , накладених на цю вибірку ($f = N - L$).

ДОДАТОК Д. СТАТИСТИЧНІ ТАБЛИЦІ

Таблиця Д.1 – Значення критерію Кохрена для $q=0,05$

$f_2=N$	$F_1=m-1$			
	1	2	3	4
2	0.9985	0.9750	0.9392	0.9057
3	0.9669	0.8709	0.7977	0.7457
4	0.9065	0.7609	0.6841	0.6287
5	0.8142	0.6838	0.5981	0.5440
6	0.7808	0.6161	0.5321	0.4803
7	0.7271	0.5612	0.4800	0.4307
8	0.6798	0.5157	0.4377	0.3910
10	0.620	0.4450	0.3733	0.3311
12	0.541	0.3924	0.3264	0.2880

Таблиця Д.2 – Значення критерію Стюдента для різних рівнів значимості q

$f_0= N(m-1)$ або $f=n-1$	t_T $q=0,1$	t_T $q=0,05$	t_T $q=0,01$	$f_0= N(m-1)$ або $f=n-1$	t_T $q=0,1$	t_T $q=0,05$	t_T $q=0,01$
1	6.31	12.71	63.66	11	1.80	2.20	3.11
2	2.92	4.30	9.92	12	1.78	2.18	3.05
3	2.35	3.18	5.84	13	1.77	2.16	3.01
4	2.13	2.78	4.60	14	1.76	2.15	2.98
5	2.02	2.57	4.03	15	1.75	2.13	2.95
6	1.94	2.45	3.71	16	1.75	2.12	2.92
7	1.89	2.36	3.50	17	1.74	2.11	2.90
8	1.86	2.31	3.36	18	1.73	2.10	2.88
9	1.83	2.26	3.25	19	1.73	2.09	2.86
10	1.81	2.23	3.17	20	1.73	2.09	2.85

Таблиця Д.3 – Критичні значення коефіцієнта кореляції r_{xy} для $q=0.05$

$f=n-2$	5	6	7	8	9	10	11	12
$ r_{xy} $	0.75	0.71	0.67	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53
$f=n-2$	13	14	15	16	17	18	19	20
$ r_{xy} $	0.51	0.50	0.48	0.47	0.46	0.44	0.43	0.42

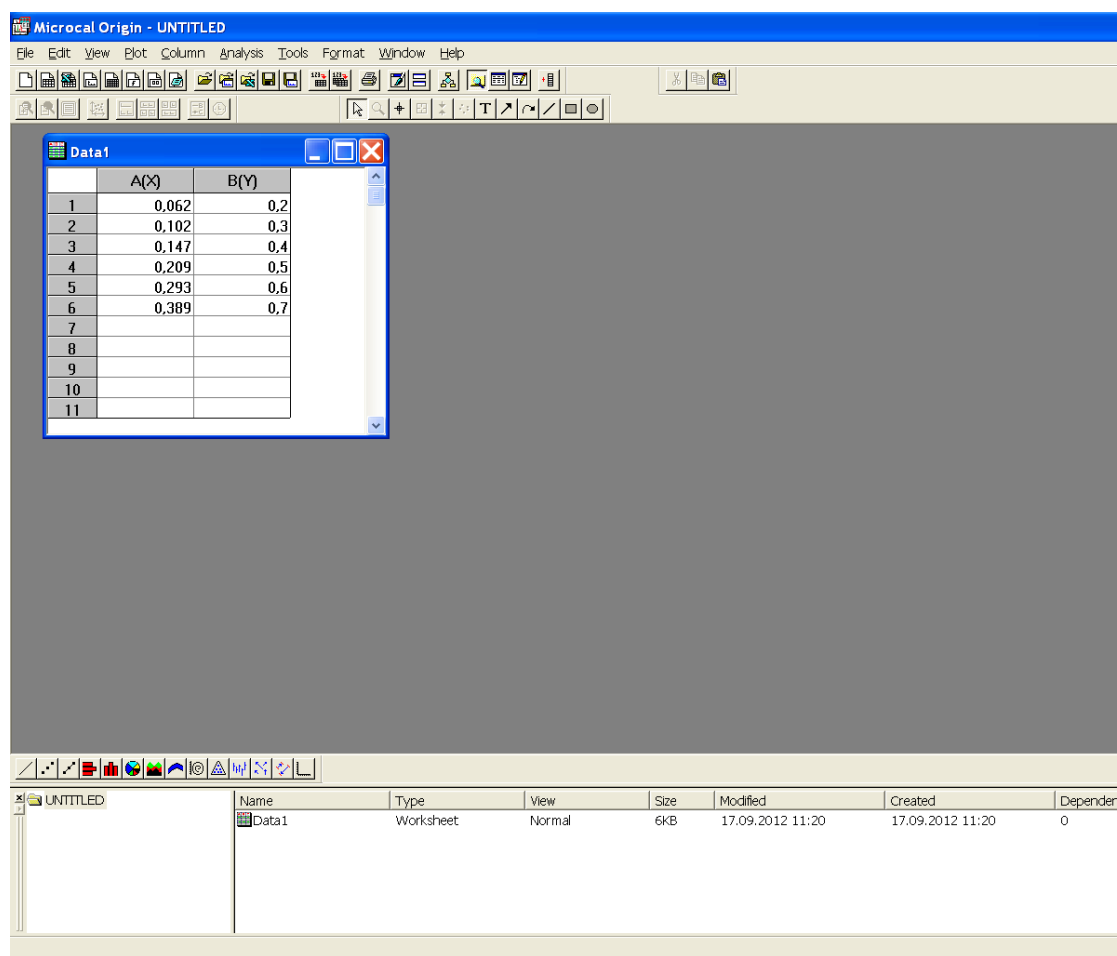
Таблиця Д.4 – Значення критерію Фішера для $q=0.05$

f_o для S_o^2 $f_o=N(m-1)$	$f_{ад}$ для $S_{ад}^2$ ($f_{ад}=N - L$)						
	1	2	3	4	5	6	7
2	18.51	19.0	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89
4	7.71	6.94	6.59	6.36	6.26	6.16	6.09
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21
7	5.59	4.74	4.35	4.12	4.07	3.87	3.79
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.10	3.01
12	4.75	3.89	3.49	3.34	3.11	3.00	2.91
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66
17	4.45	3.59	3.20	2.97	2.81	2.70	2.71
18	4.41	3.56	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54

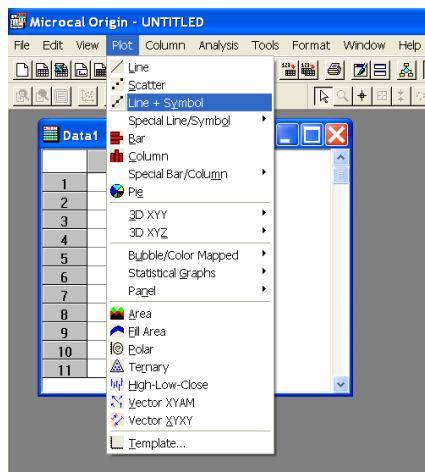
ДОДАТОК Е.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОРЯДКУ РОЗРАХУНКУ ШВИДКОСТІ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ В СЕРЕДОВИЩІ MICROCAL ORIGIN

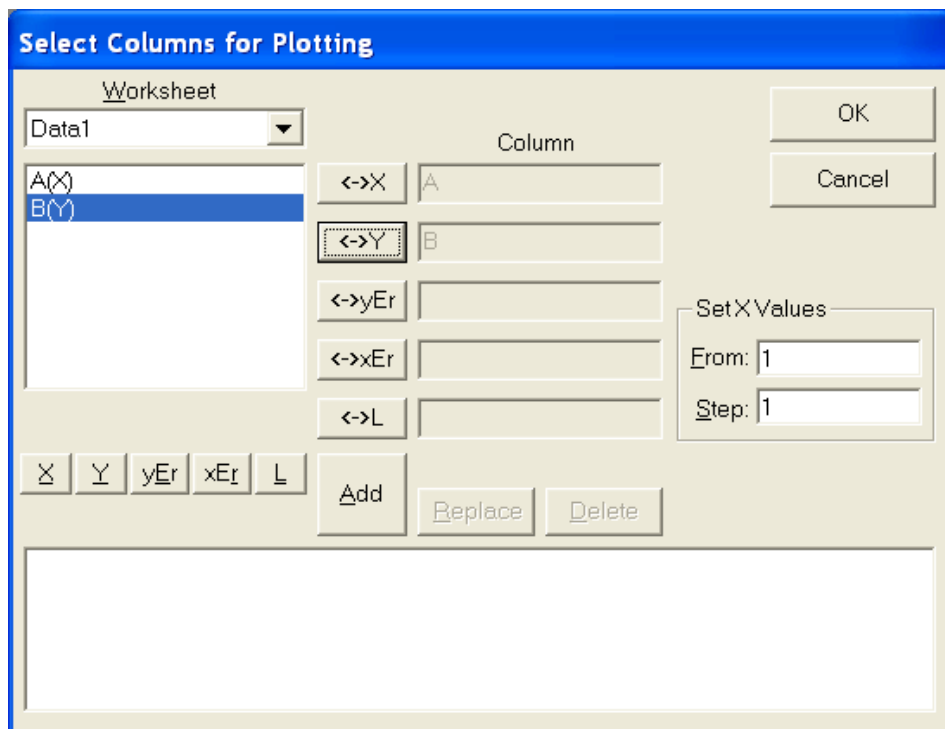
1. Запускаємо програму Microcal Origin.
2. У відкритому діалоговому вікні вводимо вихідні дані (колонка A(X) – час, колонка B(Y) – ступінь перетворення



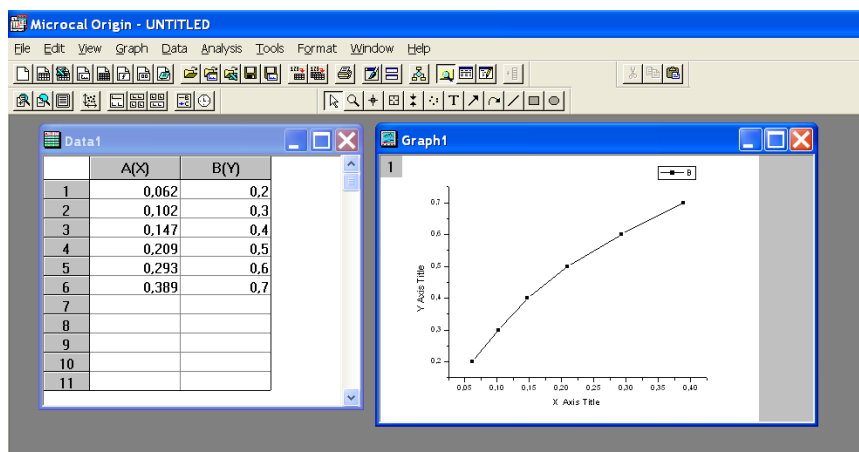
3. За допомогою команди Plot – Line+symbol будуємо графік залежності ступеня перетворення від часу



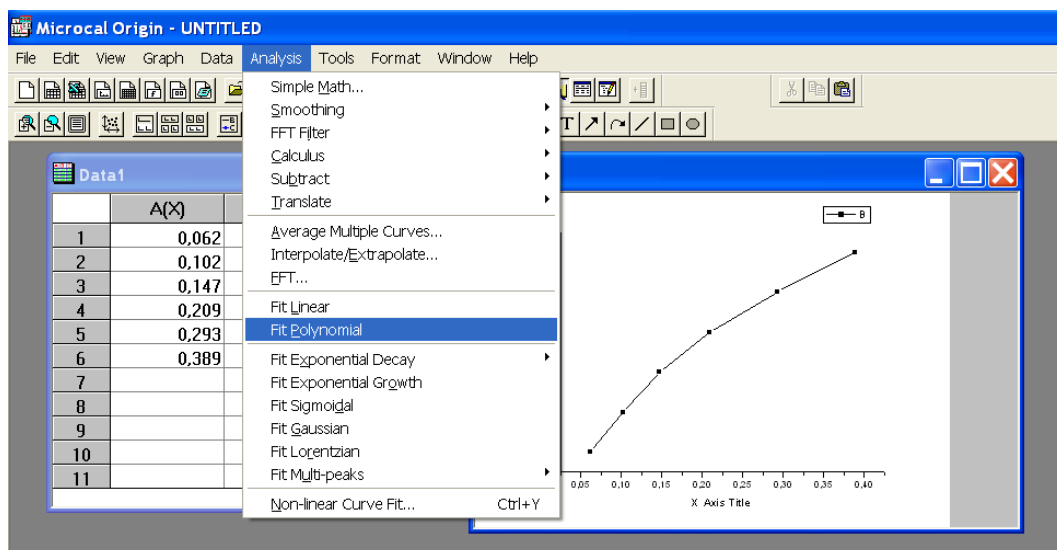
4. У відкритому діалоговому вікні вибираємо колонку A(X) та натискаємо на $\leftrightarrow X$, аналогічно колонку B(Y) - $\leftrightarrow Y$ та натискаємо «Ок»



Отримаємо графік залежності ступеня перетворення від часу



5. За допомогою пункту головного меню «Analysis» – «Fit polinomial» апроксимуємо отриману залежність



6. У відкритому діалоговому вікні вводимо степінь полінома 3 та натискаємо «Ок»

Polynomial Fit to Data1_B:

OK Cancel

Order (1-9, 1 = linear)

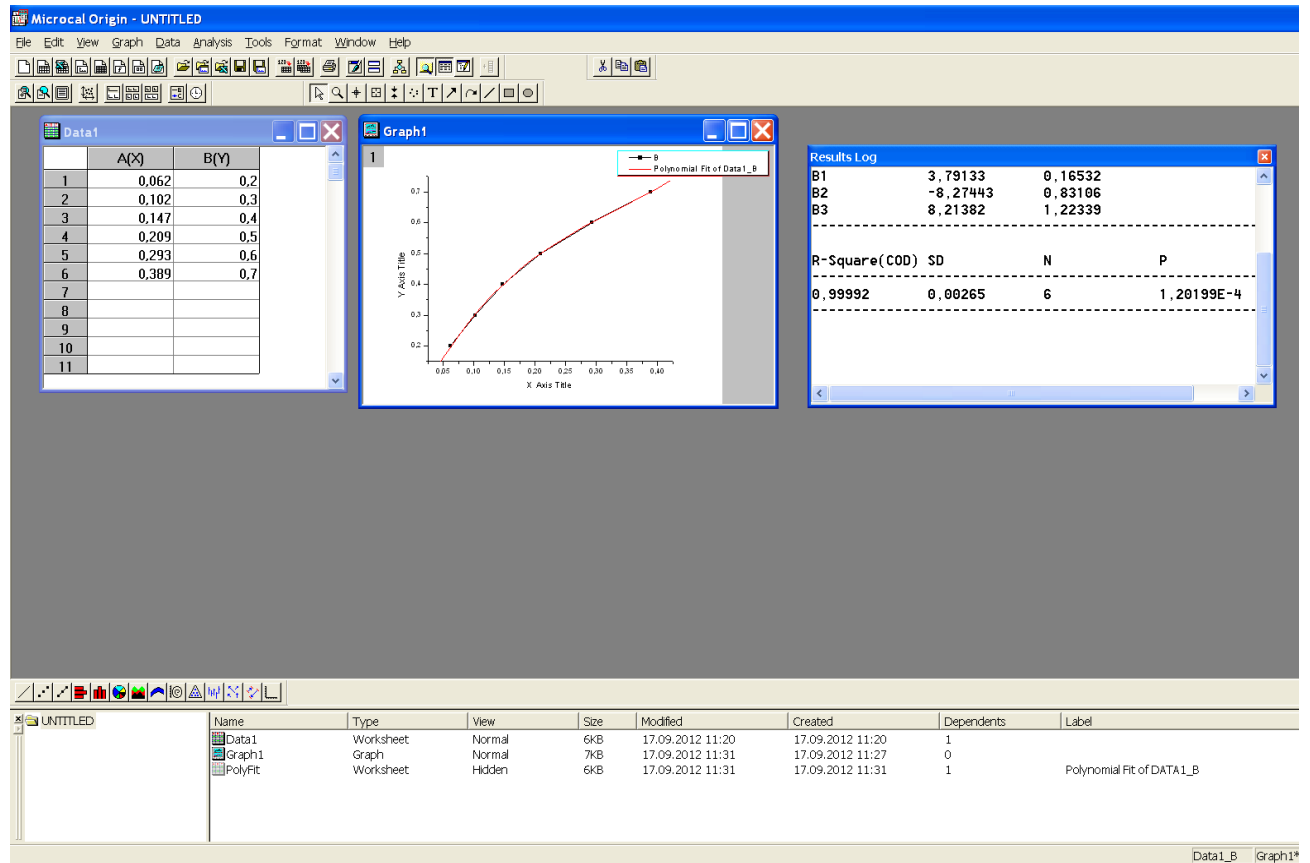
Fit curve # pts

Fit curve Xmin

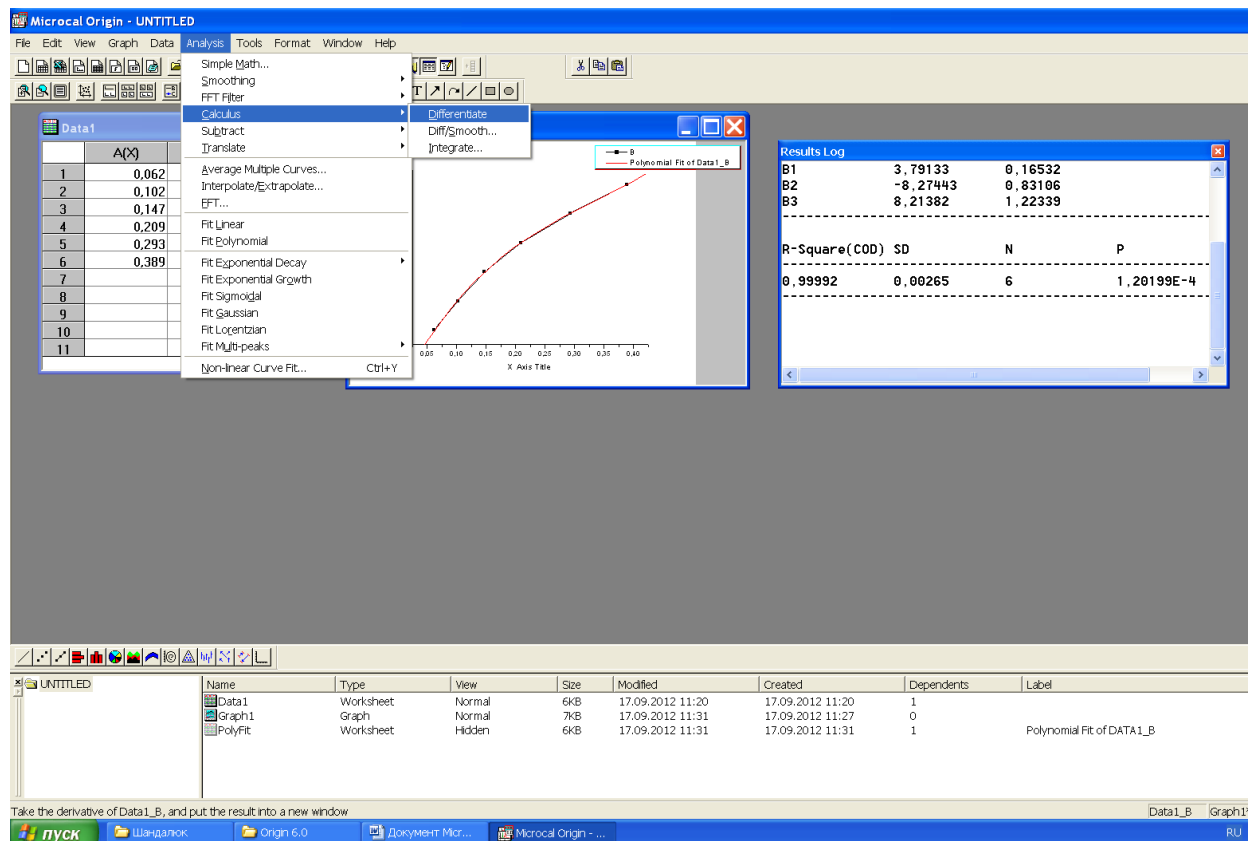
Fit curve Xmax

Show Formula on Graph? ☐

7. Отримуємо на попередньому графіку апроксимовану лінію (червоного кольору) та нове діалогове вікно із коефіцієнтами апроксимації.



8. За допомогою пункту головного меню «Analysis» - «Calculus» - «Differentiate»



Отримуємо диференційну криву та у діалоговому вікні «Data1» у стовпчику «B'(Y)» отримаємо значення похідної (швидкість).

